

# UNIDADES REGISTRÁTICAS, BIOCRONOLOGÍA Y GEOCRONOLOGÍA

*Sixto FERNÁNDEZ LÓPEZ*

Departamento Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas  
e Instituto de Geología Económica, C.S.I.C.  
Universidad Complutense. 28040 Madrid.

## ABSTRACT

A new system of biochronological classification allowing the distinction between evidence coming from the fossil record and references to biological entities of the past is here proposed. The exposed concepts are useful to establish units of biochronological classification, which are equivalent to those of the biostratigraphical system of current use in Paleontology and Stratigraphy. Such biochronological units are formed by elements inferred from the fossil record, rather than from the stratigraphical record. The resulting classification system makes possible the comparison of biochronological units established in separate regions in one or several sedimentary basins, regardless of the fact that the corresponding biostratigraphical or chronostratigraphical units might or might not be represented there.

**Keywords:** Biochronology. Evolutionary Taphonomy. Biostratigraphy. Geologic Time.

## RESUMEN

En este artículo se expone un nuevo sistema de clasificación biocronológica, que permite distinguir entre las referencias a entidades biológicas del pasado y las evidencias del registro fósil. Los conceptos tratados sirven para establecer unidades de clasificación biocronológica, equivalentes a las del sistema bioestratigráfico tradicionalmente utilizado en Paleontología y en Estratigrafía; dichas unidades biocronológicas están constituidas por individuos evidenciados o inferidos a partir de componentes del registro fósil, no a partir del registro estratigráfico. Este sistema de clasificación posibilita la comparación de unidades biocronológicas establecidas en distintas regiones de una o más cuencas sedimentarias, al margen de que estén representadas o no las correspondientes unidades bioestratigráficas o cronoestratigráficas.

**Palabras clave:** Biocronología. Tafonomía evolutiva. Bioestratigrafía. Tiempo geológico.

## INTRODUCCIÓN

Los términos taxorregistro, cronorregistro y unidad registrática ya han sido propuestos en un trabajo previo, en el que hemos tratado las relaciones espacio-temporales entre las sucesiones paleobiológicas y las sucesiones registráticas (Fernández López, 1986b). En el presente trabajo exponemos algunos conceptos y procedimientos para establecer unidades registráticas de un sistema de clasificación biocronológica, que sea paralelo al sistema bioestratigráfico tradicionalmente utilizado en Paleontología y en Estratigrafía. El interés de estas clasificaciones registráticas se debe a que permiten obtener escalas

paleontológicas de referencia temporal independientes de las escalas bioestratigráficas o cronoestratigráficas.

En Estratigrafía suele hacerse la distinción entre términos formales y términos informales, según que denoten o no respectivamente unidades de un sistema de clasificación establecido. También en Biocronología podemos distinguir si los términos, conceptos y unidades son formales o informales. En el presente trabajo nos ocuparemos principalmente de las unidades biocronológicas formales porque son las únicas que pueden constituir el fundamento de una escala paleontológica de tiempo, como mostraremos en las páginas siguientes.

## CLASIFICACIONES BIOCRONOLÓGICAS

Para establecer cualquier clasificación paleontológica hay que discriminar entre entidades registradas y entidades paleobiológicas; además es necesario llevar a cabo una identificación de las entidades registradas de diferente clase, y de las correspondientes entidades paleobiológicas. Las agrupaciones así establecidas constituyen unidades de un sistema de clasificación nominal en el que cada unidad debe tener su propio nombre. Pero las entidades paleobiológicas y las entidades registradas pueden ser clasificadas de otros modos distintos, en función de los objetivos paleontológicos que se pretendan lograr con dichas clasificaciones. Cuando el objetivo general es expresar las relaciones espacio-temporales entre las diferentes entidades registradas y/o entre las correspondientes entidades paleobiológicas, dichas clasificaciones pueden ser llamadas biocronológicas. Las clasificaciones biocronológicas difieren de las clasificaciones bioestratigráficas o de las clasificaciones biocronoestratigráficas, entre otras cosas, porque sirven para tratar objetos de otra naturaleza; cualquier clasificación biocronológica es un sistema conceptual relativo a entidades paleobiológicas y/o a entidades registradas, no a cuerpos rocosos del registro estratigráfico. Si el objetivo particular de una clasificación biocronológica es discriminar y agrupar entidades registradas, sean tenidas en cuenta o no sus relaciones topológicas, entonces se trata de una clasificación registrática. Análogamente se pueden establecer clasificaciones biocronológicas que permitan expresar relaciones espacio-temporales entre las entidades paleobiológicas inferidas a partir del registro fósil, y las diferentes clasificaciones establecidas con este objetivo pueden ser llamadas *clasificaciones paleobiotémicas*.

Desde el punto de vista metodológico cabe destacar que si dos o más clasificaciones son utilizadas para discriminar y agrupar objetos de distinta naturaleza serán dos o más clasificaciones diferentes, y sus respectivas unidades no pueden ser tratadas como categorías del mismo sistema de clasificación. Por este motivo, las unidades de un sistema de clasificación registrática y las unidades de un sistema de clasificación paleobiotémica forman parte de distintos sistemas de clasificación biocronológica, aunque los elementos constituyentes de las segundas hayan sido inferidos a partir de los elementos constituyentes de las primeras. Las clasificaciones registráticas y las clasificaciones paleobiotémicas son clasificaciones biocronológicas de diferente clase.

En general, para que cualquier clasificación biocronológica sea válida ha de cumplir al menos una serie de principios que son exclusivamente de naturaleza lógica. Por ejemplo, las agrupaciones de entidades registradas o de entidades paleobiológicas deben llevarse a cabo con criterios de la misma clase, y las unidades establecidas en cada sistema de clasificación serán disjuntas entre sí y completas o exhaustivas respecto a las entidades clasificadas. Por ello,

dos agrupaciones de la misma clasificación no pueden estar basadas en dos clases distintas de criterios, sino en distintos criterios de la misma clase; y cualquiera de las entidades presuntamente clasificadas no pueden pertenecer a dos unidades diferentes del mismo sistema de clasificación o carecer de la correspondiente unidad (cf. Bunge, 1980).

## CLASIFICACIONES REGISTRÁTICAS

Cualquier clasificación registrática tiene como objetivo discriminar y agrupar entidades registradas, pero si se utilizan diferentes clases de criterios de clasificación podrán establecerse distintos sistemas de clasificación registrática. Tres clases de criterios útiles para estos fines son los taxonómicos, los tafonómicos y los de edad. Con estas tres clases de criterios pueden establecerse tres sistemas de clasificación registrática diferentes que respectivamente llamamos: clasificaciones taxorregistráticas, *clasificaciones taforregistráticas* y clasificaciones cronorregistráticas. Aunque se podría justificar la utilidad de otros sistemas de clasificación para las entidades registradas, quizás sean estos tres los de uso más frecuente debido a sus analogías con las clasificaciones estratigráficas utilizadas en la actualidad y porque, como veremos más adelante, posibilitan determinadas transformaciones conceptuales de interés geológico y paleontológico.

## TAXORREGISTROS Y TAFORREGISTROS

Las unidades elementales de las clasificaciones taxorregistráticas son los taxorregistros. Un taxorregistro es un elemento registrado o un conjunto de elementos registrados que se caracteriza(n) y distingue(n) de otros por uno o varios de sus caracteres primarios u originales (para-)taxonómicamente significativos. Cualquier unidad taxorregistrática está basada en los atributos (para-)taxonómicos de los elementos registrados. Un elemento registrado o un conjunto de elementos registrados puede ser el componente de un taxorregistro, aunque no se conozcan sus relaciones topológicas con otros elementos del registro fósil. El establecimiento y la identificación de diferentes taxorregistros de un mismo sistema de clasificación puede realizarse con elementos registrados de distinto grupo (para-)taxonómico, y no se requiere que dichos elementos estén relacionados topológicamente entre sí de una manera concreta. Ningún taxorregistro especifica el tiempo de producción de su(s) elemento(s) constituyente(s), de modo que los elementos registrados de un mismo taxorregistro pueden ser diacrónicos aunque correspondan a la misma localidad, a distintas localidades

de una misma cuenca sedimentaria o a distintas provincias paleobiogeográficas.

Los taxorregistros son unidades formales y como tales requieren de un sistema de clasificación con distintos criterios de la misma clase. La distinción tautológica entre elementos determinables y elementos indeterminables a un determinado nivel (para-) taxonómico, aunque no está justificada desde el punto de vista lógico, puede ser útil en algunos casos. Por la misma razón, agrupar los elementos registrados de un solo grupo (para-) taxonómico para establecer un único taxorregistro puede ser útil en ocasiones. Ahora bien, cualquier clasificación taxorregistrática debería reunir los requisitos lógicos y metodológicos propios de los sistemas de clasificación.

Los taxorregistros, así como otras unidades elementales de clasificación registrática que denotan conjuntos de elementos registrados, tienen correlato real. No obstante, aunque cualquier elemento registrado tiene unas propiedades materiales (por ejemplo, un determinado valor de longitud) y pertenece a una localidad concreta, dichas propiedades no han de ser necesariamente resultantes, ni atribuibles a la unidad elemental correspondiente. Por ello, un taxorregistro no tiene longitud, área o volumen concreto, aunque podemos afirmar que sus elementos constituyentes ocupan un área geográfica concreta o un volumen concreto del registro estratigráfico. Además es improbable que a un taxorregistro particular le corresponda un área de distribución de extensión mundial; por razones paleobiológicas es improbable que los elementos conservados fueran producidos en cualquier región del mundo por una(s) entidad(es) paleobiológica(s) concreta(s); y por razones tafonómicas, también es improbable que la producción y fosilización de dichos elementos haya sido tan independiente del ambiente externo como para que fueran conservables en cualquier localidad.

En general, lo más probable es que las unidades elementales de clasificación taxorregistrática sólo sean aplicables a las entidades registradas de un área geográfica más o menos restringida, que en orden creciente según el valor de su extensión geográfica será: una localidad o región, una cuenca sedimentaria o una provincia paleobiogeográfica. Además, a menudo se requerirán diferentes clasificaciones locales, regionales o provinciales para dar cuenta de las diferentes entidades registradas de distintos grupos (para-) taxonómicos. Los taxorregistros son conceptos de aplicación regional, pero incluso en una misma localidad o región cabe la posibilidad de establecer distintas clasificaciones taxorregistráticas, basadas en distintos grupos (para-) taxonómicamente significativos, cuyas unidades no serán identificables en las mismas regiones. De hecho, estas clasificaciones pueden ser útiles para realizar generalizaciones desde el punto de vista (para-) taxonómico respecto a las entidades registradas de una región particular. Pero nótese que en dicho sistema de clasificación sólo se supone que los elementos registrados de

cada taxorregistro provienen de localidades conocidas, sin excluir ningún elemento en función de que sean o no elementos producidos en la localidad donde han sido registrados (autóctonos o alóctonos respectivamente), o en función de su estado mecánico de conservación cuando fueron enterrados (elementos acumulados, resedimentados o reelaborados) y correspondan o no a entidades paleobiológicas generadas por otras de la misma región (indígenas o exóticas, respectivamente).

Un *taforregistro* es un elemento registrado o un conjunto de elementos registrados que se caracteriza(n) y distingue(n) de otros por uno o varios de sus caracteres secundarios resultantes de la alteración tafonómica. Las unidades taforregistráticas son unidades distinguidas y caracterizadas por los atributos tafonómicos de sus elementos constituyentes.

Las variaciones graduales en los valores, y los cambios, de los caracteres secundarios resultantes de la alteración tafonómica permiten reconocer secuencias y discontinuidades tafonómicas en las sucesiones registráticas; pero, si se desea establecer unidades taforregistráticas a partir de las sucesiones registráticas o en las asociaciones registradas, también se pueden aplicar conceptos de clase a entidades registradas que están unificadas por sus propiedades tafonómicas. Los taforregistros pueden ser útiles para realizar generalizaciones sobre los caracteres tafonómicos de las diferentes entidades registradas de una región, sean o no estratigráficamente sucesivas.

Los taxorregistros y los taforregistros son unidades elementales de distinto sistema de clasificación registrática; por tanto, las unidades registráticas de cada una de estas diferentes clasificaciones pueden tener o no límites coincidentes con las de otras clasificaciones biocronológicas que sean aplicadas a las mismas sucesiones registráticas. Los diferentes taxorregistros o taforregistros establecidos en cada región, si bien pueden denotar distintos conjuntos de elementos registrados topológicamente sucesivos en cualquier localidad, no abarcan necesariamente conjuntos de elementos registrados de la misma clase de edad; a este respecto debe tenerse en cuenta que las clasificaciones taxorregistráticas y las clasificaciones taforregistráticas permiten discriminar y clasificar elementos registrados, pero no han de implicar necesariamente ordenación espacial o topológica entre las clases establecidas y menos aún orden temporal entre ellas. Las unidades taxorregistráticas y las unidades taforregistráticas son establecidas sin tener en cuenta como criterio de clasificación los tiempos de producción y fosilización de sus elementos constituyentes. Los elementos registrados que pertenecen a distinto taxorregistro o taforregistro pueden ser o no de distinta clase de edad. Desde el punto de vista espacial también conviene señalar que a los taxorregistros y a los taforregistros les puede corresponder una extensión mundial, pero es improbable que un conjunto de entidades registradas de una determinada clase (para-) taxonómica o

tafonomía esté representado en cualquier localidad del mundo. Y, por razones metodológicas, sería útil aplicar a escala regional estos conceptos de unidades taxorregistráticas o unidades taforregistráticas. Este enfoque posibilita la comparación de unidades evidenciadas en distintas regiones de una o más cuencas sedimentarias; además, es local y regionalmente donde surge la necesidad paleontológica, operativa y cognoscitiva, de utilizar clasificaciones registráticas en vez de clasificaciones estratigráficas.

Tanto los taxorregistros como los taforregistros han de ser al menos localmente identificables para poder ser aceptados, y la distribución de sus elementos constituyentes permite representar en un mapa o en una columna los diferentes taxorregistros o taforregistros establecidos. Un *mapa taxorregistrático* es una representación de las relaciones espaciales entre las entidades registradas pertenecientes a una o más clases de taxorregistros; análogamente, un *mapa taforregistrático* es una representación de las relaciones espaciales entre las entidades registradas pertenecientes a una o más clases de taforregistros. En principio, también es posible representar en columnas las unidades taxorregistráticas y/o las unidades taforregistráticas establecidas a partir de sucesiones registráticas. A cualquier representación de las sucesivas entidades registradas y de las relaciones topológicas entre ellas que pueden ser identificadas en cada sucesión registrática, local o sintetizada a partir de varias localidades, la denominaremos *columna registrática*, local o sintética respectivamente.

Lógicamente los taxorregistros o los taforregistros establecidos para una determinada región pueden ser agrupados en dos o más unidades de nivel superior; y las dos o más unidades así establecidas también son susceptibles de agrupamiento. Ahora bien, aunque los conjuntos de entidades registradas y las correspondientes unidades elementales tienen correlato real, cualquier unidad que designe a su vez unidades de orden inferior sólo tendrá correlato conceptual. Los taxorregistros y los taforregistros son clases de cosas, pero las unidades taxorregistráticas o las unidades taforregistráticas de nivel supraelemental sólo son clases de conceptos. Para denominar a conjuntos de taxorregistros o de taforregistros puede utilizarse, respectivamente, el término *super-taxorregistro* o *supertaforregistro*; a su vez, dos o más *super-taxorregistros* constituyen un *hipertaxorregistro*, en tanto que dos o más *supertaforregistros* agrupados constituyen un *hipertaforregistro*.

## CLASIFICACIONES CRONORREGISTRÁTICAS

Si lo que se pretende no es sólo clasificar las entidades registradas de una determinada región que corresponden a determinados grupos (para-)taxonómicamente significativos, sino también expresar una

relación de orden temporal entre las diferentes agrupaciones o conjuntos establecidos, es necesario que las agrupaciones se hagan teniendo en cuenta alguna relación asimétrica y transitiva que implique orden temporal entre cualquier par de los elementos registrados que pretenden ser agrupados. Un ejemplo de ese tipo de relación, asimétrica y transitiva, es la relación de sucesión topológica entre entidades registradas, teniendo en cuenta sus respectivos tiempos de producción y fosilización, o la relación de precedencia temporal entre las correspondientes entidades paleobiológicas. Sin embargo, como esta relación de precedencia temporal ha de ser inferida a partir de la relación de sucesión topológica, la precedencia temporal paleobiológica no debe ser utilizada para clasificar las entidades registradas. Por otra parte, así como la relación de precedencia temporal paleobiológica sólo es atribuible a las entidades paleobiológicas, la relación de superposición entre estratos sólo es atribuible a los estratos; las entidades registradas de un mismo estrato pueden ser topológicamente sucesivas, en tanto que las entidades registradas de dos estratos sucesivos pueden no ser topológicamente sucesivas. Para estimar las relaciones topológicas entre cualquier par de entidades registradas es necesario tener en cuenta sus correspondientes tiempos de producción biogénica (que son datos tafonómicos) y de memorización en el registro estratigráfico (que son datos estratigráficos), pero dichas relaciones topológicas no son relaciones estratigráficas (Fernández López, 1986b). Además, debe tenerse en cuenta que las distribuciones de los elementos registrados pertenecientes a cada grupo (para-)taxonómico no sólo dependen de la distribución original de los representantes del taxón, sino también de factores productivos y alterativos que han podido modificar las distribuciones de las entidades conservadas. En cualquier caso, si las entidades paleobiológicas y las entidades registradas son cosas de distinta naturaleza, aunque las segundas hayan sido generadas en última instancia a partir de las primeras, podrán tener propiedades distintas y una posible diferencia entre ellas es la de sus respectivas distribuciones espacio-temporales.

En cualquier localidad o región, antes de tratar las relaciones topológicas entre diferentes grupos de elementos registrados, es necesario estimar la representatividad de las sucesiones registráticas obtenidas. Ya han sido publicados diferentes métodos que sirven para averiguar el grado de representatividad de una muestra de fósiles obtenida a partir de una asociación registrada concreta; y también han sido publicados cuadros con los valores probabilitarios ( $Q$ ) de no obtener entre los  $n$  elementos de una muestra un ejemplar propio de una especie cuya proporción respecto al número de elementos de la asociación registrada es  $q$  (cf. Paul, 1982, p. 84, cuad. 2; Shaw, 1964, p. 107; Newell, 1959).

Por otra parte, si en una localidad hay dos o más ejemplares registrados topológicamente sucesivos que corresponden a un mismo grupo (para-)taxonómicamente significativo, podemos distinguir la

primera y la última presencia de dichos ejemplares, así como el intervalo topológico que ellos delimitan. A cada conjunto de ejemplares registrados de diferente grupo (para-)taxonómico le puede corresponder distinta amplitud registrática. La primera y la última presencia local de los ejemplares de un determinado grupo pueden ser evaluadas independientemente de la amplitud registrática pero, en definitiva, la validez de la amplitud registrática estimada depende de la validez de las estimaciones relativas a la primera y la última presencia.

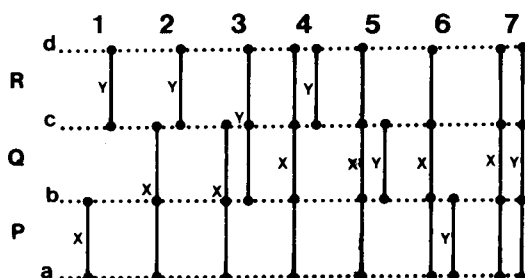


Figura 1. Representación de las siete clases básicas de relaciones entre las amplitudes registráticas de dos grupos (para-)taxonómicos diferentes.

Las posibles relaciones topológicas entre los conjuntos de ejemplares registrados en una localidad, que corresponden a dos grupos (para-)taxonómicos diferentes, son básicamente de siete clases. En la figura 1 se indican con letras minúsculas (a, b, c, d) cuatro asociaciones registradas topológicamente sucesivas; con círculos y segmentos respectivamente están representadas la presencia de ejemplares y las amplitudes registráticas reales de los diferentes ejemplares de dos grupos (para-)taxonómicamente distintos (x, y); las letras mayúsculas P, Q y R son las siglas de tres intervalos topológicos. De las siete clases de relaciones entre las amplitudes registráticas de dos grupos (para-)taxonómicos diferentes, representadas en la figura, pueden darse dos tipos diferentes de relaciones en cada una de las seis primeras clases, según que cada variable x o y corresponda a uno u otro de los dos grupos comparados. Pero en la séptima clase representada, cuyas primeras y últimas presencias son coincidentes, sólo es posible un tipo de relación entre las dos amplitudes registráticas comparadas. En total hay trece tipos de relaciones básicas posibles entre cualquier par de amplitudes registráticas concretas. Nótese que en los dos tipos de relaciones de la primera clase representada en la figura no hay ninguna probabilidad de que las amplitudes registráticas obtenidas puedan tener una relación falsa respecto a las amplitudes registráticas reales, porque no hay solapamiento entre ellas. En los once tipos restantes la probabilidad de encontrar un ejemplar de cada dos especies que nos indiquen un orden falso entre sus correspondientes amplitudes registráticas es directamente proporcional al grado

de solapamiento de sus rangos. Si estimamos la relación entre los ejemplares más antiguos (o más recientes) obtenidos de los dos grupos, en vez de la relación entre las respectivas amplitudes registráticas, la probabilidad de obtener un orden falso aumentará con el grado de solapamiento de las amplitudes, pero disminuirá cuanto mayor sea el espaciamiento entre las dos primeras (o las dos últimas) ocurrencias reales; sin embargo, cualquier par de elementos registrados obtenidos de sendos grupos serán topológicamente sucesivos si las distribuciones de los ejemplares registrados de cada grupo son disjuntas. En cualquier caso, ya sea estimada la relación entre amplitudes registráticas o la relación entre las primeras (últimas) presencias reales, la probabilidad de obtener una relación falsa disminuye al aumentar el tamaño de la muestra y/o el número de muestreos realizados. También cabe destacar que las amplitudes registráticas de los diferentes grupos (para-)taxonómicos identificados serán más fidedignas cuanto menor sea el número de ejemplares considerados como taxonómica y/o topológicamente indeterminables.

## CRONORREGISTROS

El propósito de las clasificaciones cronorregistráticas es discriminar, ordenar y agrupar las entidades registradas en unidades que correspondan a intervalos temporales sucesivos, de duración conocida o desconocida, teniendo en cuenta los tiempos de producción y fosilización de dichas entidades registradas. Las unidades cronorregistráticas son unidades caracterizadas y distinguidas por corresponder a un intervalo temporal concreto. Los cronorregistros son las unidades cronorregistráticas elementales. Un cronorregistro es un ejemplar o un conjunto de ejemplares registrados que se caracteriza(n) y distingue(n) de otros topológicamente sucesivos por haber sido producido(s) biogénicamente durante un intervalo temporal concreto.

Para establecer una clasificación cronorregistrática se requieren datos relativos a dos o más asociaciones registradas topológicamente sucesivas cada una de las cuales tiene al menos un ejemplar de distinto grupo taxonómico que los ejemplares de las otras asociaciones. Si la sucesión registrática sólo está constituida por ejemplares de un mismo grupo taxonómico entonces no se puede contrastar la relación de coexistencia o de sucesión topológica entre pares de ejemplares de distinto grupo taxonómico y, por tanto, no puede ser utilizada para establecer un sistema de clasificación cronorregistrática. Después de ser establecida una clasificación cronorregistrática en una localidad o región, si se descubre en otra región un ejemplar registrado o un conjunto de ejemplares registrados pertenecientes al mismo grupo taxonómico pero sin relaciones topológicas conocidas con

otros elementos de su localidad, entonces los nuevos descubrimientos de entidades registradas pueden servir para identificar un taxorregistro pero esos datos son insuficientes para identificar un cronorregistro.

Las agrupaciones establecidas mediante una relación asimétrica y transitiva son grupos de individuos equivalentes entre sí respecto al valor de la relación utilizada para agruparlos, pero no son individuos de igual valor respecto a dicha relación. En el caso de las relaciones topológicas entre ejemplares registrados, o en el caso de la relación de precedencia temporal entre entidades paleobiológicas, los individuos de la misma agrupación son considerados como de edad equivalente, pero no son simultáneos, sincrónicos o isócronos. En numerosos trabajos bioestratigráficos se supone que los diferentes estratos localmente superpuestos contienen fósiles de distinta edad y que dichos fósiles serán de igual edad que los estratos si no son fósiles reelaborados. Sin embargo, debería considerarse que los fósiles no-reelaborados y sus correspondientes estratos son de una clase de edad concreta, porque no podemos afirmar que tales fósiles y sus respectivos estratos han sido producidos simultáneamente, sólo podemos concluir que son contemporáneos si se confirma que dichos elementos se encuentran en estado acumulado o resedimentado.

Cada cronorregistro es una unidad material que representa todas las entidades registradas, y solamente aquellas, producidas durante un intervalo temporal concreto. A cualquier entidad registrada o a cualquier conjunto de entidades registradas distinguido con criterios (para-)taxonómicos le corresponde una clase de edad, pero los taxorregistros no son establecidos teniendo en cuenta la edad de producción de sus correspondientes entidades registradas. Se pueden establecer clasificaciones taxorregistráticas o clasificaciones taforregistráticas cuyas unidades no se repitan en la misma localidad y sean sucesivas entre sí; pero este orden de sucesión no es el orden de precedencia temporal entre las correspondientes entidades registradas, sino simplemente el orden de sucesión topológica entre dichas entidades registradas. En Tafonomía evolutiva, las relaciones topológicas (basadas en tiempos de producción y fosilización) entre las entidades registradas que constituyen cada sucesión registrática son aplicadas al tiempo pero en sí mismas no son relaciones temporales. Y las relaciones entre diferentes sucesiones registráticas o entre conjuntos de entidades registradas topológicamente sucesivos sólo son relaciones conceptuales entre relaciones topológicas. A cada taxorregistro o a cada taforregistro se le puede atribuir un intervalo temporal, pero en sí mismo no ha sido establecido con criterios temporales.

Los taxorregistros y los cronorregistros no pueden ser sinónimos, porque el concepto de cada cronorregistro y el de cada taxorregistro tiene su propia intensidad y extensión. Las extensiones u objetos de referencia pueden ser las mismas en algunos casos

concretos, pero las intensiones o propiedades correspondientes a cada uno de estos conceptos son diferentes y sus significados también son distintos. Un cronorregistro puede estar constituido por entidades registradas de un solo taxorregistro, y dichas unidades no son sinónimas. Además, a los taxorregistros les pueden corresponder valores de extensión geográfica tan limitados como los de sus respectivas entidades registradas; pero los cronorregistros incluyen todas las entidades registradas de igual clase de edad en cualquier lugar, independientemente del grupo (para-)taxonómico que representen y sin limitaciones espaciales. Las entidades registradas son espacio-temporales, y a cada cronorregistro le corresponden entidades registradas de un intervalo temporal concreto, pero cualquier cronorregistro carece de extensión geográfica, aunque sus ejemplares constituyentes ocupen un área geográfica limitada. Cada cronorregistro puede ser tratado como una unidad registrática de extensión mundial, a pesar de que empíricamente estará tan restringido o más que las propias entidades que lo constituyen.

La distribución geográfica más o menos restringida de los ejemplares registrados de cada grupo taxonómicamente significativo no sólo afecta a las clasificaciones taxorregistráticas, sino también a la posibilidad de identificación de los cronorregistros. La clase de edad significada por cada cronorregistro aparentemente podría ser propuesta como:

- 1) El intervalo temporal correspondiente a un intervalo estratigráfico concreto; es decir, el intervalo temporal correspondiente a un(os) cuerpo(s) rocoso(s) fosilífero(s) del registro estratigráfico, o bien el intervalo temporal de una unidad biocronoestratigráfica o bioestratigráfica concreta.
- 2) El intervalo temporal correspondiente a un intervalo topológico concreto; es decir, el intervalo temporal correspondiente a dos o más entidades registradas concretas y topológicamente sucesivas, o bien el intervalo temporal de un taxorregistro concreto.
- 3) El intervalo temporal correspondiente a un intervalo biocronológico concreto; es decir, el intervalo temporal correspondiente a la duración de una(s) entidad(es) paleobiológica(s) concreta(s) evidenciada(s) a partir del registro fósil.

En el primer caso sería necesario "extender" los intervalos temporales de cada unidad registrática más allá de su localidad tipo para identificar cualquier cronorregistro fuera de dicha localidad. Esto podría hacerse de diferentes maneras, por ejemplo: 1a) por datación radiométrica de los cuerpos rocosos de referencia y de los distintos ejemplares registrados; 1b) con datos relativos al magnetismo remanente de los cuerpos rocosos de referencia y de los distintos ejemplares registrados; o 1c) utilizando niveles estratigráficos de referencia temporal (horizontes de máxima transgresión, bentonitas, ...). Pero con cualquiera de los procedimientos de esta clase la

escala de referencia temporal utilizada en Paleontología sólo estaría justificada con datos estratigráficos; y, si se emplean medios como los del segundo y tercer grupo mencionados, los elementos reelaborados no podrán ser utilizados para justificar la existencia de unidades cronoregistráticas elementales. En cualquier caso, desde el punto de vista metodológico, sería deseable que la escala paleontológica de referencia temporal fuera independiente de, y a ser posible de valores transformables a los de, otras escalas justificadas con criterios no-paleontológicos.

En segundo lugar, si el intervalo temporal de cada cronoregistro corresponde al intervalo temporal de un taxoregistro concreto también habría que "extender" los intervalos temporales de cada cronoregistro desde su localidad tipo hasta el lugar donde se pretende identificarlo. Esto podría llevarse a cabo relacionando los elementos que intentamos atribuir a una clase de edad, teniendo en cuenta resultados observables que estén relacionados con periodicidades y/o irreversibilidades del ambiente externo al cual han estado sometidos los propios ejemplares registrados o sus correspondientes entidades biológicas. Por ejemplo, 2a) periodicidades y/o irreversibilidades astronómicas (secuencias registráticas relacionadas con ciclos lunares o anuales, ...), o bien 2b) periodicidades y/o irreversibilidades regionales (secuencias y ciclos registráticos relacionados con máxima transgresión regional, ...). Estos métodos pueden ser aplicados a los ejemplares de algunos grupos taxonómicamente significativos pero, aunque en tales casos sean de gran utilidad para llevar a cabo una correlación más precisa, no serán de uso general para cualquier elemento registrado y probablemente sólo tendrán validez regional.

También podrían utilizarse, para relacionar ejemplares que deseamos atribuir a una clase de edad con la edad correspondiente a un taxoregistro designado como tipo, propiedades de los fósiles que estén relacionadas con la irreversibilidad de la evolución orgánica y, en principio, este criterio sería aplicable a cualquier elemento registrado taxonómicamente significativo. Pero, como en cada taxoregistro elegido como tipo sólo habrá evidencias de una parte y una proporción desconocida del tiempo de existencia de un(os) taxón(es) específico(s), tendremos que utilizar como referencia el intervalo temporal de las correspondientes entidades paleobiológicas, no el intervalo temporal del taxoregistro. Este criterio es la posibilidad que hemos mencionado en tercer lugar para explicitar la clase de edad significada por cada cronoregistro. Antes de decidir si es más conveniente un par de acontecimientos evolutivos o la duración de una(s) entidad(es) paleobiológica(s), para demarcar el intervalo temporal de los cronoregistros, cabe preguntarse si es posible utilizar como referente biocronológico a la(s) propia(s) entidad(es) paleobiológica(s).

## CLASIFICACIONES PALEOBIOTÉMICAS

En Paleontología también podemos establecer clasificaciones que expresen relaciones espacio-temporales entre las entidades paleobiológicas inferidas e inferibles a partir del registro fósil. A estas clasificaciones establecidas para expresar las relaciones espacio-temporales entre organismos o entre poblaciones biológicas del pasado las llamamos clasificaciones paleobiotémicas.

Las entidades paleobiológicas o las entidades conservadas que ya no pertenecen al registro fósil porque han sido destruidas sólo tienen realidad histórica, en tanto que las entidades registradas tienen realidad histórica y natural (Fernández López, 1986a); los conceptos referentes a dichas entidades del pasado tienen correlato real en cuanto denotan entidades cuya existencia no es el resultado de haber sido ideadas. Los organismos del pasado o cualquier conjunto de organismos del pasado tienen realidad histórica, y las correspondientes unidades paleobiotémicas elementales serán consideradas con correlato real; pero tanto las entidades paleobiológicas inferidas como las correspondientes unidades paleobiotémicas elementales han de ser contrastables para poder ser aceptadas.

Las unidades paleobiotémicas de distinto sistema de clasificación han de ser establecidas con diferentes clases de criterios. La clase de grupo taxonómico al que pertenezcan las entidades paleobiológicas inferidas e inferibles o la clase de edad que les corresponda son dos clases de criterios que pueden ser utilizados con estos fines. A las clasificaciones paleobiotémicas establecidas con criterios taxonómicos las llamamos *clasificaciones taxobiotémicas*; las *clasificaciones cronobiotémicas* están basadas en la edad de los organismos del pasado que son agrupados.

## TAXOBIOTEMAS

Los *taxobiotemas* son las unidades elementales de las clasificaciones taxobiotémicas. Cada taxobiotema está constituido por un organismo o por un conjunto de organismos del pasado, inferidos e inferibles a partir del registro fósil, que se caracteriza(n) y distingue(n) por uno o varios de sus caracteres taxonómicamente significativos. Un organismo o un conjunto de organismos del pasado taxonómicamente significativo(s) puede(n) constituir un taxobiotema, aunque no se conozcan sus relaciones espacio-temporales con otros organismos del pasado o de la correspondiente especie. Ningún taxobiotema especifica el tiempo de especiación relativo de las poblaciones paleobiológicas que corresponde a sus organismos constituyentes, por lo cual los organismos de un mismo taxobiotema pueden ser diacrónicos aunque pertenezcan a la misma localidad, a distintas



localidades de una misma cuenca sedimentaria o a distintas provincias paleobiogeográficas.

Las entidades paleobiológicas que constituyen los taxobiotemas son entidades productoras de restos y/o señales, inferidas e inferibles a partir del registro fósil. Dichas entidades productoras pueden no haber vivido en el lugar donde se encuentran sus correspondientes restos y/o señales pero, si pueden ser inferidas en los lugares ocupados por sus correspondientes elementos registrados, constituirán un taxobiotema que puede ocupar un área geográfica distinta al área paleobiogeográfica que le correspondía a las entidades productoras.

Cabe la posibilidad de que un taxobiotema sea de extensión mundial y absolutamente sincrónico en cualquier par de localidades donde puede ser inferido, pero es altamente improbable que ocurra esto. Los organismos de cada entidad paleobiológica supraindividual no debieron ser simultáneos y sincrónicos, y mostrarían preferencias por determinados hábitats; además, los restos y/o señales utilizados para inferir los correspondientes organismos probablemente no fueron producidos y registrados sincrónica y simultáneamente, con independencia total del ambiente externo al cual estuvieron sometidos. Tanto por razones teóricas como por razones metodológicas, es conveniente establecer distintas clasificaciones taxobiotémicas para cada región de una cuenca sedimentaria; esto posibilita la comparación entre diferentes regiones de una misma cuenca o de cuencas diferentes. Además, por razones taxonómicas, es posible que convenga ofrecer distintos sistemas de clasificación taxobiotémica en una región particular, según los grupos taxonómicos utilizados para establecer los distintos taxobiotemas de cada clasificación.

Los diferentes taxobiotemas establecidos en una región particular pueden denotar distintos conjuntos de organismos del pasado temporalmente sucesivos, pero no abarcan necesariamente organismos de la misma clase de edad. Los taxobiotemas son establecidos con criterios taxonómicos e independientemente del tiempo de aparición del taxón específico o del tiempo de producción de sus correspondientes elementos conservados.

Desde el punto de vista lógico, es posible agrupar los diferentes taxobiotemas establecidos para una región particular y distinguir unidades taxobiotémicas de orden superior de generalidad. Sin embargo, conviene señalar que sólo los taxobiotemas tienen correlato real, en tanto que las unidades taxobiotémicas de nivel superior tienen correlato exclusivamente conceptual. La jerarquía de unidades taxobiotémicas en orden creciente de generalidad puede ser expresada con los términos taxobiotema, *supertaxobiotema* e *hipertaxobiotema*; en cada caso concreto, cualquiera de estas unidades supraelementales comprenderá dos o más unidades del nivel de generalidad inmediatamente inferior.

## CRONOBIOTEMAS

Las clasificaciones cronobiotémicas pretenden discriminar, ordenar y agrupar las entidades biológicas del pasado, inferidas e inferibles a partir del registro fósil, para establecer unidades que correspondan a intervalos temporales sucesivos de duración conocida o desconocida. Un *cronobiotema* es un organismo o un conjunto de organismos del pasado, inferidos e inferibles a partir del registro fósil, que se caracteriza(n) y distingue(n) de otros topológicamente sucesivos por haber producido restos y/o señales durante un intervalo temporal concreto.

Como en el caso de los cronorregistros, a cada cronobiotema se le puede atribuir una extensión geográfica mundial, aunque empíricamente dicha extensión será tan restringida o más que la ocupada por los organismos inferibles que lo constituyen. Análogamente, los organismos pertenecientes a un mismo cronobiotema son considerados como de la misma clase de edad, pero no han de ser estrictamente simultáneos, sincrónicos o isócronos entre sí.

El establecimiento de clasificaciones cronobiotémicas requiere de datos relativos a dos o más conjuntos de entidades paleobiológicas productoras de restos y/o señales, cuyos organismos han sido inferidos como topológicamente sucesivos de acuerdo con la información del registro fósil; es decir, es necesario utilizar datos relativos a diferentes conjuntos de organismos topológicamente sucesivos, cada uno de los cuales comprende al menos un organismo de distinto grupo taxonómico que los de los conjuntos restantes. Si sólo se dispone de evidencias de un organismo o las sucesivas entidades paleobiológicas que pueden ser inferidas están constituidas por organismos del mismo grupo taxonómico, entonces no es posible contrastar la relación de coexistencia o de sucesión topológica entre pares de grupos taxonómicos; y, en consecuencia, dicho orden de sucesión no es utilizable para establecer un sistema de clasificación cronobiotémica, aunque dichas entidades paleobiológicas puedan servir para establecer o identificar un taxobiotema.

Tanto los taxobiotemas como los cronobiotemas son unidades establecidas para agrupar entidades paleobiológicas que han sido inferidas y son inferibles a partir del registro fósil de una determinada región. En consecuencia, los conceptos de taxobiotema y de cronobiotema tienen correlato real y son contrastables. Un cronobiotema y un taxobiotema concretos no son sinónimos incluso cuando refieren las mismas entidades paleobiológicas, porque son conceptos diagnosticados con propiedades de distinta clase. Los caracteres taxonómicos son utilizados para establecer taxobiotemas, en tanto que la clase de edad es el criterio de clasificación cronobiotémica. Debe tenerse en cuenta que dos taxobiotemas topológicamente sucesivos y de la misma clasificación no implican que cualquier par de representantes de los grupos taxonómicos correspondientes



estén ligados entre sí por la relación de precedencia temporal en cualquier localidad; aunque así fuera, dicha relación entre los conjuntos de entidades paleobiológicas inferidos y las correspondientes entidades paleobiológicas reales debe ser contrastada.

La existencia de entidades paleobiológicas inferidas e inferibles puede ser topológicamente repetitiva en una misma localidad y heterócrona en las diferentes localidades, pero los cronobiotemas y los cronorregistros no pueden ser topológicamente repetitivos en ninguna localidad porque entonces la clasificación no sería ordinal. Las entidades de cada cronobiotema o del correspondiente cronorregistro deben ser de edad equivalente pero, además, dicha edad ha de ser distinta de la de los componentes de otras unidades del mismo sistema de clasificación. En cualquier región donde sea utilizada una de estas clasificaciones, cada taxobiotema tendrá como equivalente material al menos un taxorregistro, pero cada taxorregistro no ha de tener necesariamente su propio taxobiotema equivalente; por ejemplo, dos taxorregistros incluso topológicamente sucesivos pueden ser el resultado de un conjunto de entidades paleobiológicas inferidas e inferibles como coproductoras de restos y/o señales. Ahora bien, cada cronobiotema tendrá como equivalente material un cronorregistro, y cada cronorregistro debe implicar la existencia de un único cronobiotema; los conjuntos de entidades paleobiológicas inferidas que han sido atribuidos a distintos cronobiotemas deben ser tan numerosos como los conjuntos de entidades registradas topológicamente sucesivos que han sido atribuidos a cronorregistros diferentes.

Tanto las unidades elementales de los sistemas de clasificación paleobiotémica como las de los sistemas de clasificación registrática tienen correlato real. En el caso de los cronobiotemas y los cronorregistros, además, podemos distinguir entre la unidad y su correspondiente intervalo temporal. Los cronobiotemas y los cronorregistros que permiten obtener intervalos temporales o divisiones de tiempo, han de ser establecidos teniendo en cuenta dos o más entidades registradas topológicamente sucesivas y taxonómicamente significativas, cuya existencia y relación topológica ha sido inferida a partir del registro fósil. Por tanto, se puede atribuir un mismo intervalo temporal a cada cronorregistro y a su correspondiente cronobiotema; dicho intervalo temporal tendrá un referente material (al menos un cronorregistro) y un referente conceptual (un cronobiotema). En conclusión, para que sean de edad equivalente los sucesivos intervalos temporales representados por las dos escalas paleontológicas de tiempo (una conceptual y otra material) basta con que a cada cronorregistro le corresponda un cronobiotema y sólo uno, siendo ambas unidades del mismo intervalo temporal. Pero antes de exponer los criterios más adecuados para delimitar concretamente cualquiera de estos intervalos temporales trataremos algunos aspectos más generales de las escalas y divisiones de tiempo que pueden ser utilizadas en Paleontología.

En cualquier sistema de clasificación ordinal, las agrupaciones establecidas mediante una relación asimétrica y transitiva corresponden a grupos de individuos equivalentes entre sí respecto al valor de la relación utilizada para agruparlos. En el caso de la relación topológica utilizada en Biocronología, o en el caso de la relación de precedencia temporal, los elementos registrados o los organismos de la misma agrupación son de edad equivalente, pero no son de igual edad. Como ocurre con las unidades estratigráficas, las unidades biocronológicas son unidades en el sentido de ser "una parte distintiva o un miembro analizable de un agregado o de un todo"; no son unidades de medición, son unidades físicas o reales (cf. Harrington, 1965). Pero las unidades cronoestratigráficas y las unidades cronorregistráticas, además de ser de distinta naturaleza, tienen diferentes propiedades relativas; por ejemplo, en lo que respecta a la extensión geográfica de sus elementos constituyentes. Cualquier cronozona sólo puede ser identificada donde hay unos cuerpos rocosos particulares del registro estratigráfico, y cada cronorregistro sólo será identificable en aquellas localidades donde haya unos fósiles concretos; por consiguiente, el valor de la extensión geográfica de los componentes de una unidad cronoestratigráfica exclusivamente identificable con criterios paleontológicos será igual o menor que el valor de la extensión geográfica de los elementos registrados que pertenecen a la unidad cronorregistrática equivalente; por ejemplo, el valor de la extensión geográfica donde puede ser identificada una biocronozona particular será igual o menor que el del cronorregistro equivalente (cf. Fernández López, 1986b, p. 43).

Las escalas son dispositivos (materiales o conceptuales) con divisiones que sirven para calibrar fenómenos. Las diferentes partes de una escala son divisiones, y si la escala es de tiempo dichas divisiones pueden ser llamadas divisiones-de-tiempo o divisiones temporales. Cada división temporal ha de estar justificada mediante una unidad elemental de un sistema de clasificación ordinal establecido para dar cuenta de las relaciones temporales entre entidades concretas de una determinada clase. Así, por ejemplo, cada división de la escala estratigráfica de tiempo que actualmente está siendo desarrollada en Geología ha de estar justificada por una, y sólo una, unidad cronoestratigráfica; a cada división geocronológica le debe corresponder una unidad cronoestratigráfica (cf. Hedberg, 1976; Holland *et al.* 1978; Harland, 1978; N.A.C.S.N., 1983; Holland, 1986). Ahora bien, las sucesivas divisiones de cualquier escala ordinal y las correspondientes unidades que las justifican no deben ser confundidas. Las unidades elementales de clasificación ya hemos dicho que son clases de cosas, y pueden distinguirse tantas categorías elementales como unidades elementales haya. Las divisiones elementales de una escala pueden estar justificadas por las relaciones lógicas entre unidades elementales o por las propias unidades que tienen correlato real, pero las divisiones elementales de la escala o la relación entre categorías elementa-

les del sistema de clasificación sólo son conceptos de conceptos, son conceptos sin correlato real. Y, del mismo modo que cualquier categoría supraelemental sólo tiene como correlato relaciones conceptuales entre conceptos, las correspondientes divisiones de la escala sólo tienen correlato conceptual. Las unidades elementales de un sistema de clasificación jerárquica establecido por las relaciones lógicas entre dichas unidades tienen correlato real, pero cualquier división de una escala ordinal basada en un sistema de clasificación de este tipo sólo tiene correlato conceptual.

## DEMARCACIÓN DE CRONORREGISTROS Y CRONBIOTEMAS

Los acontecimientos correspondientes al comienzo y final de la acumulación de los elementos producidos por una entidad biológica no están fijados en el marco del tiempo físico (cf. Harrington, 1965, p. 1620). En cualquier localidad, el intervalo temporal representado por los elementos registrados de una entidad paleobiológica estará en relación de parte o será igual al intervalo temporal de la correspondiente entidad paleobiológica productora; pero, probablemente el intervalo temporal evidenciado a partir de los elementos registrados en una localidad tan sólo será una parte del intervalo temporal de la correspondiente entidad paleobiológica. Y tanto el intervalo temporal de las entidades registradas como el relativo a las entidades paleobiológicas podrán tener valores diferentes en localidades distanciadas.

A este respecto también es importante indicar que la relación de precedencia temporal entre dos entidades paleobiológicas supraindividuales no está implicada por la relación de orden temporal entre las correspondientes entidades productoras de elementos conservados que pueden ser inferidas o por las relaciones topológicas entre sus correspondientes elementos registrados. Es cierto que se puede estimar en términos probabilitarios el grado de confianza de una determinada amplitud registrática o bioestratigráfica obtenida localmente; pero no se puede saber si el primer fósil de una sucesión registrática o de una sucesión bioestratigráfica local representa o no el organismo más antiguo del correspondiente grupo taxonómico, y la misma incertidumbre hay con el fósil más reciente de cualquier sucesión local respecto al último organismo de un grupo taxonómico particular. Cada amplitud registrática local puede implicar un intervalo temporal de producción de los correspondientes elementos registrados, pero dicho intervalo temporal es una proporción desconocida del intervalo de existencia de la correspondiente entidad paleobiológica. Además no podemos refutar la posibilidad de que los primeros y/o los últimos elementos registrados de cualquier par de grupos (para-)taxonómicamente significativos estén localmen-

te en un orden falso respecto al orden temporal de los respectivos acontecimientos evolutivos de sus entidades paleobiológicas; por tanto, no podemos desechar la posibilidad de que las relaciones entre las amplitudes registráticas locales de dos o más entidades registradas sean falsas respecto a las amplitudes biocronológicas de las correspondientes entidades paleobiológicas supraindividuales. Si dos elementos registrados que corresponden a sendas entidades paleobiológicas supraindividuales están en la misma asociación registrada local entonces tales entidades paleobiológicas pudieron ser al menos en parte contemporáneas; y dicha hipótesis de contemporaneidad paleobiológica es confirmable incluso en la misma asociación registrada local (encontrando nuevos pares de elementos representativos de sendos taxones). Por el contrario, si dos elementos registrados que corresponden a sendas entidades paleobiológicas supraindividuales son topológicamente sucesivos en una localidad, o pertenecen a entidades productoras inferidas como topológicamente sucesivas, entonces las correspondientes entidades paleobiológicas supraindividuales pudieron ser o no temporalmente sucesivas. La contemporaneidad parcial o total entre dos entidades paleobiológicas puede ser justificada con evidencias positivas locales, pero la sucesión temporal de dos entidades paleobiológicas supraindividuales siempre será hipotética. Ahora bien, dicha sucesión, después de estar fundada en evidencias positivas locales, puede ser refutada con nuevas evidencias (encontrando elementos registrados topológicamente sucesivos pero en orden inverso al orden temporal postulado, o encontrando pares de elementos registrados de sendas entidades paleobiológicas en la misma asociación registrada). Otros problemas paleontológicos relacionados con estas limitaciones metodológicas de la Biocronología han sido tratados por diversos autores (cf. Tintant, 1984; Fortey, 1985; Harper, 1980, p. 242; Hayami & Ozawa, 1975; Scott, 1965). En conclusión, sólo dos clases de relaciones temporales entre entidades paleobiológicas supraindividuales, localmente inferidas a partir del registro fósil, pueden ser metodológicamente justificadas: la de sucesión de tiempos de producción y la de contemporaneidad al menos parcial de sus tiempos de producción; es decir, teniendo en cuenta los datos locales pueden ser postuladas tres relaciones para los tiempos de producción de cualquier par de grupos taxonómicos A y B:

- 1) la producción biogénica de elementos conservados de A precedió a la de B;
- 2) la producción biogénica de elementos conservados de B precedió a la de A;
- 3) la producción biogénica de elementos conservados de A y B fue contemporánea al menos en parte (pero carece de fundamento cualquier hipótesis sobre el grado o proporción de dicha contemporaneidad).

Téngase en cuenta además que la inferencia de

coproducción biogénica o de producción sucesiva de elementos-conservados, por dos entidades paleobiológicas, no implica que dichas entidades paleobiológicas existieran en la misma región o localidad donde han sido evidenciadas; para aceptar la existencia local de cualquiera de estas entidades paleobiológicas hay que contrastar la autoctonía de sus elementos registrados. En cualquier caso, y para facilitar la comparación de las relaciones temporales entre entidades paleobiológicas supraindividuales y las correspondientes entidades paleobiológicas inferidas a partir del registro fósil, puede ser útil el término *amplitud paleobiotémica*. Una *amplitud paleobiotémica* es el intervalo temporal entre dos entidades paleobiológicas inferidas o inferibles como topológicamente sucesivas, sean o no consecutivos y autóctonos los elementos conservados a partir de los cuales han sido inferidas.

Desde hace más de un siglo se sabe que la aparición histórica de representantes de un grupo taxonómico en una cuenca sedimentaria, localidad o provincia paleobiogeográfica puede ser el resultado de migración desde otras áreas (en vez de aparición evolutiva). Además, la presencia de representantes de un grupo taxonómico en una determinada región, cuenca o provincia paleobiogeográfica puede ser permanente o iterativa. Y aunque pudiéramos identificar al individuo más antiguo de un grupo taxonómico que ha permanecido en una región tampoco sería necesariamente el individuo más antiguo del taxón. Por tanto, el acontecimiento histórico singular, único e irrepetible, que debemos considerar no será la aparición en una determinada localidad o región de una entidad biológica o de una entidad registrada, sino aquellas modificaciones, cambios o transformaciones únicas e irrepetibles experimentadas por las entidades paleobiológicas supraindividuales; por consiguiente, la evidencia de tales acontecimientos históricos singulares no será la presencia de una entidad paleobiológica o registrada concreta, sino las variaciones experimentadas por una entidad paleobiológica supraindividual.

Desde el punto de vista metodológico ya hemos señalado que la relación de precedencia temporal entre dos acontecimientos evolutivos sucesivos sólo es confirmable y no puede ser refutada aunque encontremos evidencias de coproducción o de producción biogénica en orden inverso al orden temporal postulado para los correspondientes acontecimientos evolutivos. Sin embargo, la relación de precedencia temporal entre dos entidades paleobiológicas sucesivas es confirmable y refutable, aunque siempre es hipotética la sucesión paleobiológica postulada. Es decir, una entidad paleobiológica o un conjunto de entidades biológicas del pasado y el intervalo temporal correspondiente a su duración es contrastable si existe(n) una(s) entidad(es) registrada(s) resultante(s) de su producción biogénica que está(n) relacionada(s) topológicamente con otras entidades del registro fósil. En cualquier caso, los problemas para establecer cronorregistros o cronobiotemas que tengan

un significado concreto no deben ser confundidos con los problemas de identificación o reconocimiento de las unidades biocronológicas. Para que cualquier cronorregistro o cronobiotema tenga un significado preciso, no-ambiguo, y contrastable es necesario que el correspondiente intervalo temporal tenga un correlato real concreto. Cada acontecimiento de la evolución orgánica es un hecho real, y si dos acontecimientos evolutivos ocurren en el mismo linaje serán sucesivos, pero la relación de orden temporal entre dos acontecimientos evolutivos cualesquiera en sí misma sólo es una relación lógica, de naturaleza operatoria, sin correlato real. Únicamente la existencia de una entidad paleobiológica o de un conjunto de entidades paleobiológicas implica una duración positiva que puede ser el correlato real de un cronobiotema y de un cronorregistro concretos; además, ya que dichas unidades forman parte de un sistema de clasificación ordinal, las diferentes duraciones de los distintos cronobiotemas o cronorregistros de un mismo sistema de clasificación deberían corresponder a duraciones de distintas entidades paleobiológicas ligadas entre sí por la relación de descendencia. El intervalo temporal concreto correspondiente a un cronorregistro y a un cronobiotema ha de ser el de la duración de una entidad paleobiológica o de un conjunto de entidades paleobiológicas, pero no el intervalo temporal entre dos acontecimientos paleobiológicos sucesivos (sean evolutivos o no), ni una amplitud paleobiotémica concreta. El intervalo temporal entre dos acontecimientos evolutivos experimentados por sendas entidades paleobiológicas que no están filogenéticamente relacionadas sólo tiene correlato conceptual y además es irrefutable. Las amplitudes paleobiotémicas implican intervalos temporales concretos, pero dichos intervalos temporales no pueden ser utilizados para demarcar cronorregistros o cronobiotemas de un mismo sistema de clasificación ordinal, porque son una parte y una proporción desconocida de los intervalos temporales correspondientes a amplitudes biocronológicas sucesivas. Las amplitudes registráticas o las amplitudes bioestratigráficas tampoco pueden servir para demarcar cronorregistros, ni cronobiotemas, porque también constituyen una parte y una proporción desconocida de las amplitudes biocronológicas. Además, a efectos de establecer un sistema de clasificación cronobiotémica o cronorregistrática cuyas unidades sean significativas, destacaremos que no es necesario descubrir entidades paleobiológicas que hayan experimentado acontecimientos evolutivos inferibles y reconocibles en amplias extensiones geográficas, porque los cronobiotemas y los cronorregistros sólo tienen límites temporales.

A tenor de lo dicho en los párrafos anteriores, se puede afirmar que un cronorregistro no es un ejemplar registrado o un conjunto de ejemplares registrados elegido para servir como referente material de todas las entidades registradas que fueron producidas durante el mismo intervalo temporal, sino un ejemplar registrado o un conjunto de ejemplares registrados producidos biogénicamente durante un

intervalo temporal concreto. Por las mismas razones, un cronobiotema no es un organismo o un conjunto de organismos pretéritos elegido para servir como referencia histórica de los otros organismos que vivieron durante el mismo intervalo temporal, sino un organismo o un conjunto de organismos que existieron durante un intervalo temporal concreto. Y el mencionado intervalo temporal concreto correspondiente a un cronorregistro y a un cronobiotema será el de la duración de una entidad paleobiológica supraindividual o el de un conjunto de entidades paleobiológicas supraindividuales, pero no el intervalo temporal entre dos acontecimientos paleobiológicos sucesivos. Para que cada cronorregistro o cronobiotema de una clasificación sea significativo y contrastable ha de tener correlato real y cumplir los requisitos lógicos y metodológicos de cualquier clasificación ordinal. Para garantizar que cada cronobiotema de una clasificación sea contrastable (confirmable y/o refutable) se requiere que cada uno de ellos haga referencia al menos a una entidad paleobiológica característica que está ligada por la relación de precedencia temporal a otra entidad paleobiológica característica de distinto cronobiotema. Y para garantizar que cada cronorregistro de una clasificación sea contrastable se requiere que cada uno de ellos haga referencia al menos a una entidad registrada característica que es topológicamente sucesiva respecto a otra entidad registrada característica de otro cronorregistro, y que dichas entidades registradas correspondan a entidades paleobiológicas ligadas entre sí por la relación de precedencia temporal. A partir de un número limitado de sucesiones registráticas locales es posible determinar las amplitudes registráticas sintéticas de cada uno de los grupos taxonómicamente significativos que están registrados en una región y elegir las subdivisiones topológicamente más adecuadas; con estos propósitos se puede utilizar la misma metodología que la empleada para establecer "asociaciones unitarias" (cf. Guex, 1979; Davaud & Guex, 1978; Davaud, 1982). Pero téngase en cuenta que los términos asociación unitaria, cronorregistro y cronobiotema no son sinónimos. Una asociación unitaria es "un conjunto máximo de especies compatibles"; por tanto, el término asociación unitaria designa un concepto sin correlato real o físico, útil para expresar relaciones de naturaleza operatoria entre especies.

## HOMOTAXIALIDAD Y CORRELACIÓN BIOCRONOLÓGICA

Para correlacionar cosas diferentes es necesario identificar dos o más cosas distintas que puedan ser correlacionadas. Cuando se toman muestras o se infiere la existencia de individuos de una misma unidad biocronológica no se "correlaciona" la misma unidad o partes distintas de una misma unidad, sino que simplemente se identifica o reconoce la

unidad mediante evidencias observables en diferentes localidades. Por ello, el término *correlación biocronológica* debería ser utilizado para expresar que las entidades registradas y/o las entidades paleobiológicas de dos o más clases diferentes presentan unas determinadas relaciones topológicas y/o temporales en las distintas localidades referidas. Si el término *correlación biocronológica* es utilizado exclusivamente en este sentido que acabamos de exponer tendrá un significado análogo y congruente con el del término *correlación* que se emplea en otros campos de investigación o disciplinas de la Geología (cf. N.A.C.S.N., 1983, p. 851). Cualquier información relativa a las equivalencias temporales entre diferentes clases de entidades paleobiológicas requiere llevar a cabo correlaciones entre distintas entidades registradas, pero la *correlación biocronológica* no ha de ser necesariamente temporal y puede ser exclusivamente topológica. La similitud en el orden de sucesión topológica entre entidades registradas o entre entidades paleobiológicas de la misma clase en localidades diferentes, sin implicar similitud temporal entre ellas, ha sido referida como *homotaxis* (Huxley, 1862). Se puede decir que la *homotaxis* es orden topológico y espacial (estratigráfico, por ejemplo) pero no temporal; nótese, además, que los conjuntos de entidades susceptibles de esta similitud han de ser evidenciados o inferidos pero no se pueden repetir en una misma localidad; se trata de clases de entidades, o de conjuntos de entidades, que guardan entre sí la relación de sucesión topológica y dicha relación debe ser asimétrica y transitiva para las entidades clasificadas en cada región. La similitud de clases de entidades registradas y de orden de sucesión topológica en dos o más localidades diferentes puede ser denotada con el término *homotaxis registrática*. Análogamente, la similitud de clases de entidades paleobiológicas inferidas e inferibles y orden de sucesión topológica entre ellas, en dos o más localidades diferentes, puede ser denominada *homotaxis paleobiotémica*. Por otra parte, la *heterocronía registrática* consiste en la similitud de clases de entidades registradas pero de diferente tiempo de producción biogénica en dos o más localidades diferentes; en tanto que la *heterocronía paleobiotémica* denota similitud de clases de entidades paleobiológicas inferidas e inferibles pero diferente tiempo de producción biogénica en dos o más localidades diferentes.

Cabe destacar que dos taxorregistros topológicamente sucesivos o dos taxobiotemas sucesivos del mismo sistema de clasificación no implican que las correspondientes entidades paleobiológicas estén ligadas entre sí por la relación de precedencia temporal, aunque sí pueden implicar la existencia de procesos y resultados tafonómico-paleobiológicos que son topológicamente sucesivos; en cualquier caso, las equivalencias temporales entre taxorregistros y/o entre taxobiotemas diferentes han de ser contrastadas con otros criterios distintos a los de homotaxialidad registrática y/o paleobiotémica. Dicha homotaxialidad no tiene mayor probabilidad de ser indicativa de orden

temporal cuando corresponde a regiones de menor extensión geográfica. Si dos entidades paleobiológicas no son temporalmente sucesivas es improbable que les corresponda el mismo patrón homotaxial registrático y/o paleobiotémico después de haber sido sometidos sus correspondientes restos a diversos ambientes externos, y la homotaxialidad tendrá mayor probabilidad de ser indicativa de orden temporal si corresponde a regiones con ambientes externos más variados (sean o no de mayor extensión geográfica). En cualquier caso, el grado de validez de la hipótesis de sucesión temporal entre entidades paleobiológicas supraindividuales, teniendo en cuenta el criterio de homotaxialidad paleobiotémica o registrática, no aumenta con la numerosidad de las situaciones homotaxiales confirmadas. La homotaxialidad registrática ni siquiera implica homotaxialidad paleobiotémica entre las correspondientes entidades paleobiológicas productoras. La homotaxialidad registrática y/o paleobiotémica puede ser el resultado de secuencias registráticas o de tafofacies, lateralmente ordenadas, que se suceden una a otra en diferentes tiempos y en distintas localidades debido a cambios en los factores productivos y/o alterativos. El término tafofacies ha sido propuesto por Speyer y Brett (1986) para significar las "facies definidas en base a rasgos tafonómicos diagnósticos". Mediante sucesiones registráticas locales se puede inferir el orden de sucesión topológica de diferentes conjuntos de entidades registradas de una región; para ello, ya hemos dicho que es suficiente construir un patrón homotaxial registrático de los diferentes grupos de entidades registradas topológicamente sucesivas; pero estos patrones homotaxiales no implican que los elementos de distinta unidad hayan sido producidos por sucesivas entidades paleobiológicas supraindividuales, sino que dichos elementos son topológicamente sucesivos.

## JERARQUIZACIÓN DE CRONORREGISTROS Y CRONOBOTEMAS

Si además de discriminar, ordenar y clasificar las entidades registradas y/o las entidades paleobiológicas de acuerdo con su edad, se desea organizar un conjunto de conceptos en jerarquías de clases para dar cuenta de fenómenos de distinto nivel de generalidad, entonces las clasificaciones deben cumplir el requisito de que las diferentes agrupaciones establecidas guarden entre sí unas relaciones concretas, y no es suficiente que las entidades agrupadas estén relacionadas de una manera concreta; es decir, las propias agrupaciones o subconjuntos de entidades han de ser agrupadas a su vez de acuerdo con una(s) relación(es) que presenta(n) cualquier par de individuos de dos agrupaciones distintas del mismo sistema de clasificación. En el caso de los cronorregistros y los cronobiotemas dicha relación

puede ser la de precedencia temporal; pero en el caso de los cronobiotemas dicha relación también puede ser la de parentesco o descendencia entre las correspondientes entidades paleobiológicas. La relación de precedencia temporal, o la relación topológica basada en sus respectivos tiempos de producción biogénica, sólo es una relación lógica sin correlato real que rige entre entidades paleobiológicas y/o entre entidades registradas de diferentes agrupaciones. Ahora bien, si utilizamos como criterio de agrupación de las diferentes unidades elementales reconocidas la relación de parentesco entre los componentes de las agrupaciones paleobiológicas establecidas, entonces hacemos uso de una relación real entre las distintas entidades paleobiológicas inferidas y podemos lograr una clasificación sistemática jerárquica y una escala ordinal jerárquica de tiempo. Los cronorregistros y los cronobiotemas, entendidos como un conjunto de cosas concretas, tienen correlato real; pero, si el criterio para agrupar cronorregistros o cronobiotemas es la relación de precedencia temporal entre cualquier par de individuos de distinto cronorregistro o cronobiotema, entonces los límites entre unidades elementales no tienen correlato real; sólo si las diferentes agrupaciones guardan entre sí una relación real como la de descendencia entonces los límites entre unidades tendrán correlato real histórico. En cualquier caso, cada unidad elemental de clasificación es una clase de cosas, e incluso si las relaciones entre unidades denotan relaciones reales entre individuos de diferente clase, las categorías y las divisiones correspondientes sólo son conceptos de conceptos, clases de conceptos. Por tanto, tan sólo las unidades elementales pueden ser consideradas con correlato real, y cualquier unidad supraelemental o cualquier categoría de un sistema de clasificación de este tipo sólo es un grupo lógico o concepto sin correlato real.

Desde el punto de vista metodológico conviene indicar que cualquier reconstrucción de dos o más acontecimientos evolutivos sucesivos requiere de una correlación con otros acontecimientos en términos de presuntas relaciones causales. Pero sólo se podrá hacer nuevas generalizaciones causales si se logra ordenar los acontecimientos sin presuponer la validez de dichas relaciones causales entre los acontecimientos en cuestión (cf. Kitts, 1974). Más concretamente, las relaciones paleobiológicas de parentesco o de descendencia podrán ser reconstruidas y contrastadas si las correspondientes entidades paleobiológicas son ordenadas temporalmente sin tener en cuenta su parentesco o descendencia; y el procedimiento general para lograr dicha ordenación entre entidades paleobiológicas está basado en las relaciones causales entre sus correspondientes entidades registradas; es decir, está basado en las relaciones que hemos llamado tiempos de producción y fosilización de las correspondientes entidades registradas. Nótese, además, que dichos tiempos pueden diferir de los llamados tiempos de memorización del registro estratigráfico. Las entidades paleobiológicas han de ser inferidas a partir de entidades registradas,

mediante análisis tafonómico-paleoecológico, y el parentesco entre entidades paleobiológicas inferidas e inferibles ha de ser justificado con criterios paleobiológicos, pero las relaciones espacio-temporales entre entidades paleobiológicas pueden ser interpretadas exclusivamente a partir de relaciones topológicas entre las correspondientes entidades registradas.

El agrupamiento lógico de unidades registráticas y/o paleobiotémicas elementales es útil para disponer de conceptos clasificatorios de distinto grado de generalidad, y en el caso de los cronorregistros y/o los cronobiotemas dicho agrupamiento posibilita la obtención de divisiones de mayor grado de generalidad; en cualquier caso, el nivel de generalidad de las unidades cronorregistráticas y de las unidades cronobiotémicas supraelementales estará relacionado con el intervalo temporal representado por las unidades elementales agrupadas, más que con la numerosidad de las entidades registradas o con la extensión geográfica de las entidades registradas en las cuales están basadas dichas unidades biocronológicas elementales. Para la jerarquización de unidades cronorregistráticas y de unidades cronobiotémicas, en orden creciente de generalidad, proponemos los siguientes términos:

cronorregistro	-	cronobiotema
supercronorregistro	-	supercronobiotema
hipercronorregistro	-	hipercronobiotema

Cualquier *supercronorregistro* comprenderá dos o más cronorregistros, en tanto que cualquier *supercronobiotema* abarcará dos o más cronobiotemas; análogamente, cada *hipercronorregistro* comprenderá varios supercronorregistros, en tanto que cada *hipercronobiotema* abarcará varios supercronobiotemas. Si se desea establecer unidades de mayor rango, basta con agrupar hipercronorregistros o hipercronobiotemas para formar otros de orden superior que pueden ser denominados respectivamente hipercronorregistros e hipercronobiotemas secundarios; estos últimos, a su vez, pueden constituir otros de orden terciario, y así sucesivamente hasta lograr las unidades del nivel de generalidad deseado. Este sistema de nomenclatura propuesto para los hipercronorregistros e hipercronobiotemas también es aplicable a los hipertaxobiotemas e hipertaxorregistros. Cabe destacar que la capacidad de resolución de cada sistema de clasificación cronorregistrática o de cada sistema de clasificación cronobiotémica no dependerá del número de niveles de generalidad establecido sino del número de unidades elementales distinguido. Por otra parte, si las unidades elementales son subdivisiones el sistema será más resolutivo y la vaguedad extensional de cada subunidad así establecida será menor que la vaguedad de la correspondiente unidad. Pero es importante tener en cuenta que las subunidades no son independientes de las unidades; para utilizar el concepto de subunidad cronorregistrática o cronobiotémica, que respectivamente podemos llamar *subcronorregistro* y *subcronobiotema*, es necesario utilizar en cada caso concreto el concepto

del correspondiente cronorregistro y cronobiotema. Finalmente indicaremos que el reconocimiento de unidades cronorregistráticas y cronobiotémicas en cualquier parte del mundo a menudo sólo podrá hacerse a nivel supraelemental, porque se requiere menos información para reconocer unidades de mayor nivel de generalidad. Por este motivo es útil disponer de un sistema jerárquico de clasificación cronorregistrática y cronobiotémica. Ahora bien, las unidades elementales que justifican estos sistemas de clasificación son los cronorregistros y los cronobiotemas, incluso si dichas unidades no son identificables en cualquier parte del mundo.

## ESTANDARIZACIÓN DE CLASIFICACIONES CRONORREGISTRÁTICAS

El requisito de que los fósiles utilizados para establecer una clasificación cronorregistrática han de pertenecer al mismo grupo taxonómico y corresponder a formas filogenéticamente relacionadas no siempre es alcanzable en una misma región o cuenca sedimentaria. A veces sólo se dispone de elementos sucesivos pertenecientes a distintos grupos taxonómicos y a distintas provincias paleobiogeográficas. Por ello, las clasificaciones cronorregistráticas sólo son de aplicación regional y como tales tienen límites de validez espacialmente condicionados, pero las unidades correspondientes no tienen límites espaciales. En la práctica será necesario comenzar estableciendo diferentes clasificaciones cronorregistráticas para las distintas cuencas sedimentarias particulares, pero el objetivo principal es establecer una serie de unidades cronorregistráticas aplicables al menos a una provincia paleobiogeográfica. Después se puede aspirar a correlacionar las distintas clasificaciones provinciales o regionales, y en dicha correlación no se deben utilizar las presuntas evidencias de migración de elementos exóticos, sino elementos autóctonos de durabilidad estimada con criterios tafonómicos (cf. Fernández López, 1986b, p. 40). Con la estandarización de las unidades cronorregistráticas de uno de los sistemas de clasificación establecidos para un mismo intervalo temporal, las unidades elegidas pasan a servir como un concepto de correlación, incluso para unidades taxorregistráticas locales. Además, como unidades jerarquizadas, los supercronorregistros tienen tantas limitaciones regionales como las unidades elementales a partir de las cuales son establecidos, pero como unidades estandarizadas alcanzan mayor aplicabilidad que sus unidades elementales.

Las unidades biocronológicas elementales que pueden servir para obtener una escala paleontológica de referencia temporal son los cronorregistros y los cronobiotemas; es decir, es necesario y suficiente con una clasificación cronobiotémica y una clasificación cronorregistrática para justificar paleontológicamente



gicamente una escala de tiempo. Cada división de dicha escala, cada cronobiotema y cada cronorregistro de dichas clasificaciones tendrán como referente conceptual un intervalo temporal concreto, pero su evidencia material debe ser un elemento o un conjunto de elementos registrados taxonómicamente significativos cuyas relaciones topológicas con otros elementos del registro fósil sean contrastables. Los requisitos metodológicos necesarios para justificar cualquier división biocronológica obligan a establecer al menos tantas clasificaciones cronorregistráticas y cronobiotémicas como provincias paleobiogeográficas haya para un determinado intervalo temporal; ahora bien, esto no quiere decir que los fenómenos evolutivos puedan ser asignados normalmente a una localidad para justificar el comienzo de un cronobiotema y de un cronorregistro en dicha localidad. Diferentes clasificaciones cronorregistráticas serán establecidas en las distintas regiones, pero cada provincia paleobiogeográfica deberá tener un solo sistema de clasificación cronorregistrático y cronobiotémico para sintetizar las distintas clasificaciones regionales. A su vez, sólo una clasificación cronorregistrática será necesaria para justificar una escala paleontológica de tiempo estándar. La clasificación cronorregistrática estándar así elegida sería un instrumento conceptual útil para: 1) ordenar según sus relaciones temporales las entidades registradas y/o las entidades paleobiológicas de cualquier localidad; 2) correlacionar temporalmente las entidades registradas y/o las entidades paleobiológicas evidenciadas en diferentes regiones; 3) construir una escala cronorregistrática estándar de aplicación mundial, es decir, una escala material que sirva como evidencia de la escala conceptual de referencia temporal. En función del grupo taxonómico utilizado para llevar a cabo una clasificación biocronológica podrán justificarse distintas escalas de tiempo con límites no necesariamente coincidentes. Por razones prácticas y para facilitar la transformación de escalas, es conveniente establecer unas "unidades cronorregistráticas estándar" basadas en los mismos grupos taxonómicos que se utilizan para justificar las correspondientes unidades cronoestratigráficas estándar.

## TIPIFICACIÓN DE UNIDADES BIOCRONOLÓGICAS

Para evitar que sean establecidas unidades biocronológicas que no pueden ser identificadas o reconocidas, o que carecen de significado conocido, cada unidad biocronológica deberá tener un tipo de referencia. Y del mismo modo que el ejemplar-tipo de una especie nominal sirve para coordinar dicho nombre con el concepto correspondiente y con una especie biológica del pasado, un tipo de referencia puede servir para coordinar el nombre de una unidad biocronológica elemental, su correspondiente concepto y los objetos de referencia. El tipo elegido, original o subsecuentemente, para cualquier unidad elemen-

tal registrática y/o paleobiotémica debe presentar la(s) propiedad(es) de los individuos de la agrupación correspondiente.

En lo que respecta a los taxorregistros y los taxobiotemas, un ejemplar tipo de una especie puede servir también para coordinar un taxorregistro y/o un taxobiotema nominales con sus respectivos conceptos y sus correlatos reales. La existencia de un ejemplar tipo de una especie, sin embargo, no debe ser entendida como una designación original o prioritaria del tipo de un taxorregistro y/o de un taxobiotema. Para evitar equívocos entre tipos de significado diferente, al ejemplar registrado (para-)taxonómicamente significativo que es utilizado como evidencia, original o subsecuentemente designada, de un taxorregistro o de un taxobiotema puede llamarsele *elemento-registrado-tipo* o *elemento-tipo*. Así entendido, el término ejemplar tipo que se utiliza en sistemática y taxonomía y el término elemento tipo que proponemos para uso biocronológico no son términos sinónimos, ni siquiera cuando hacen referencia a un mismo fósil. Téngase en cuenta, además, que para ser válido el elemento tipo debe presentar la(s) propiedad(es) diagnóstica(s) de los individuos de la agrupación correspondiente. Si dos elementos tipo previamente considerados como de taxorregistros y/o de taxobiotemas diferentes se descubre que corresponden al mismo taxobiotema, entonces el taxorregistro y/o el taxobiotema nominal más antiguo tendrá la prioridad nomenclatural y el otro o los otros nombres biocronológicos pasarán a ser sinónimos más recientes.

En el caso de los taforregistros no parece recomendable utilizar como tipo de referencia a un elemento registrado, porque en muchos casos no podrá cumplirse el requisito de que presente los caracteres diagnósticos de los elementos de la agrupación correspondiente. Para estas unidades registráticas debería nombrarse un afloramiento-tipo y una localidad-tipo donde puedan observarse dichos caracteres en una asociación registrada del correspondiente taforregistro. La asociación registrada elegida como tipo de referencia de un taforregistro puede ser denominada *asociación-registrada-tipo* o *asociación-tipo*.

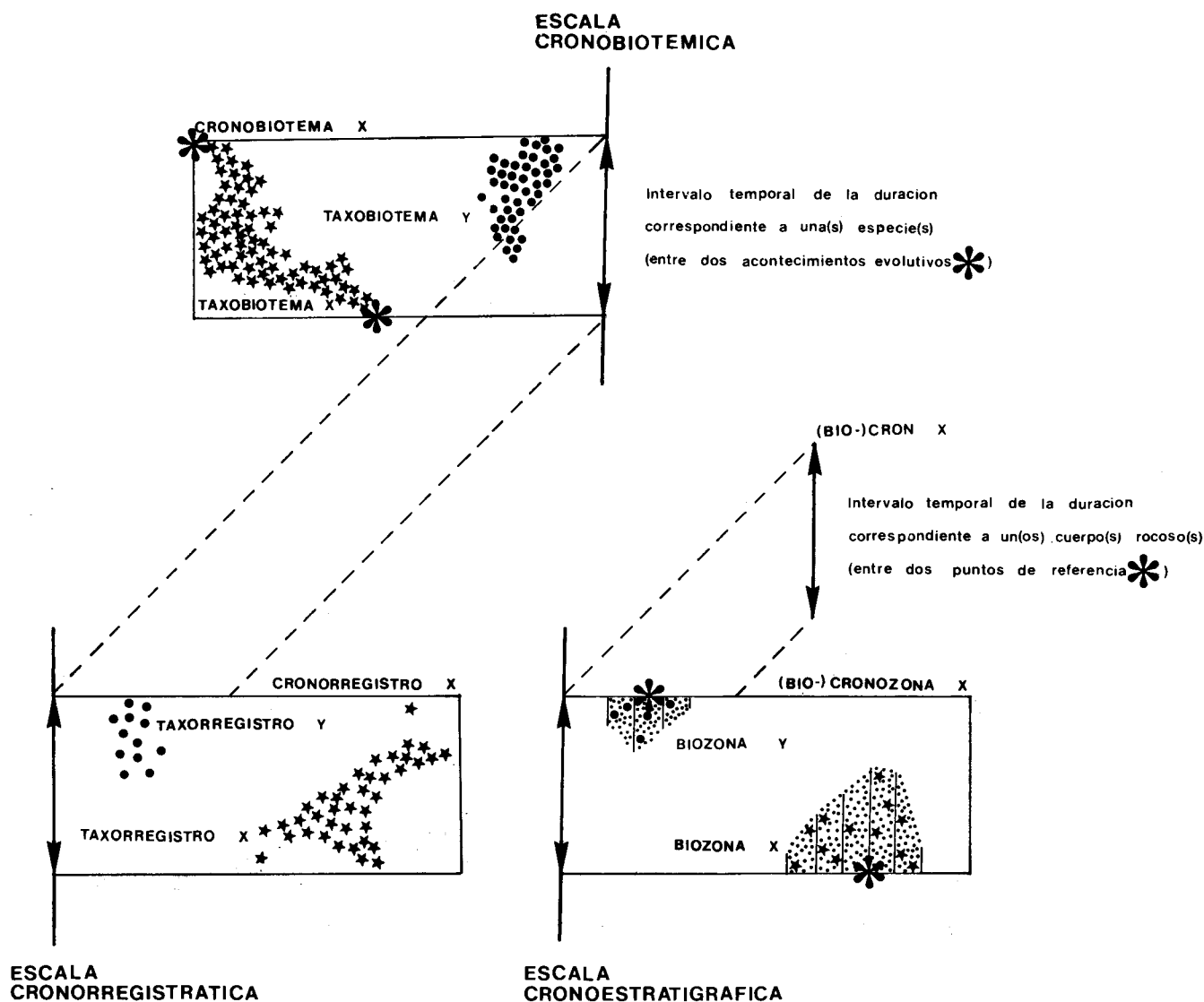
Para cualquier unidad biocronológica elemental que no forma parte de un sistema de clasificación ordinal o topológica no es necesario que el tipo de referencia tenga relaciones topológicas conocidas con otros elementos de distinta unidad del mismo sistema de clasificación, pero en cualquier caso se debe conocer con el máximo detalle los datos del tipo de referencia: localidad de procedencia, nivel estratigráfico, relaciones con otros elementos registrados, estado mecánico de conservación (acumulado, resedimentado o reelaborado). En el caso de los cronorregistros y los cronobiotemas es necesario conocer no sólo las relaciones topológicas entre el tipo de referencia y otros elementos registrados del nivel-tipo, sino también las relaciones temporales entre la correspondiente entidad biológica y otras entidades bioló-



gicas que pueden ser inferidas mediante los elementos tipo de al menos uno de los dos cronorregistros consecutivos.

En cualquier caso, el elemento o la asociación que se elige como tipo de una unidad biocronológica elemental no ha de ser necesariamente el más

representativo, ni el "tipo medio", ni el más antiguo, ni el más reciente, entre los elementos de la agrupación. El tipo de referencia, sea un elemento o una asociación, debe ser entendido como un objeto que representa, aunque no pertenezca en sentido estricto, a una unidad registrática o paleobiotémica. El objetivo fundamental del tipo de referencia, que



**Figura 2.** Representación de algunas unidades y divisiones que pueden ser utilizadas en Biocronología y en Estratigrafía para obtener escalas de tiempo. Las divisiones de cualquier escala biocronológica han de ser justificadas mediante dos escalas: una escala conceptual y una escala material. Cada división de la escala conceptual, o escala cronobiotémica, corresponde al intervalo temporal de la duración de una o más especies filogenéticamente relacionadas y temporalmente sucesivas. Cada división de la escala material, o escala cronorregistra, ha de estar justificada por un cronorregistro, del mismo modo que las divisiones de una escala cronoestratigráfica han de estar basadas en unidades cronoestratigráficas. Las unidades cronoestratigráficas establecidas o no con criterios exclusivamente paleontológicos pueden servir para construir una escala continua de la Historia de la Tierra, pero las unidades cronoestratigráficas establecidas con criterios paleontológicos no son unidades biocronológicas. La Paleontología puede lograr que las llamadas unidades geocronológicas y las unidades bioestratigráficas o cronoestratigráficas tengan distinto correlato real y sean unidades independientes, si dispone de un sistema de clasificación biocronológica que no haya sido lógicamente dissociado a partir del sistema bioestratigráfico o cronoestratigráfico. Las biozonas, los taxorregistros y los taxobiotemas son unidades establecidas con criterios (para-)taxonómicos que por sí mismas no justifican la obtención de escalas cronológicas.

ha sido elegido como evidencia material de una unidad biocronológica elemental, es garantizar que cada unidad biocronológica nominal tenga un significado contrastable.

Las unidades biocronológicas supraelementales deben estar tipificadas por unidades de la categoría inmediatamente inferior de su sistema jerárquico. Así el tipo de un supercronorregistro será un cronorregistro, y el tipo de un hipercronorregistro será un supercronorregistro.

Cualquiera de estas unidades biocronológicas son independientes de las unidades bioestratigráficas o de las unidades cronoestratigráficas; no obstante, sería conveniente que el elemento tipo de cualquier unidad cronorregistrática (estándar o regional) fuera elegido entre uno de los elementos del corte tipo y horizonte paleontológico de referencia de la unidad cronoestratigráfica equivalente (regional o estándar).

## DATACIÓN Y CALIBRACIÓN BIOCRONOLÓGICA

Una de las tareas de mayor interés paleontológico es inferir las relaciones espacio-temporales entre entidades paleobiológicas, mediante el estudio de entidades registradas, para obtener un marco de referencia temporal en el que puedan ser tratadas las relaciones de parentesco entre las entidades paleobiológicas inferidas. Esta escala de referencia temporal justificada con evidencias paleontológicas es una escala biocronológica. Cualquier escala biocronológica, a su vez, puede servir para calibrar, apreciar o evaluar la antigüedad o la correspondencia temporal entre entidades registradas de diferentes grupos taxonómicos, y también es aplicable a las unidades estratigráficas que estén constituidas por cuerpos rocosos fosilíferos. La datación de unidades estratigráficas mediante una escala biocronológica es una forma de datación y calibración que puede ser llamada biocronológica. Con estos propósitos, las divisiones de una escala biocronológica han de ser establecidas y justificadas mediante dos escalas: una escala conceptual y una escala material. La escala conceptual, y sus divisiones, será posible si han ocurrido diferentes acontecimientos evolutivos en un mismo grupo de organismos filogenéticamente relacionados; es decir, cada división de la escala conceptual corresponderá al intervalo temporal de la duración de una o más especies filogenéticamente relacionadas y temporalmente sucesivas. La escala material y sus divisiones estarán justificadas por cronorregistros. Para distinguir nominalmente estas dos clases de escalas en cada caso concreto, hemos utilizado respectivamente los términos *escala cronobiotémica* y *escala cronorregistrática* (cf. figura 2). Si se construyen escalas materiales cada vez más finas podrán representarse intervalos temporales cada vez más finos y, por

consiguiente, podrán llevarse a cabo calibraciones cada vez más precisas. En general, de dos escalas materiales de tiempo basadas en el mismo sistema de clasificación, la más precisa será aquella cuyo conjunto de señales incluya al conjunto de señales de la otra (cf. Scott, 1985).

La incertidumbre de una datación o de una correlación puede ser reducida incrementando el intervalo de la división de la escala que se utiliza. Una jerarquía de divisiones sirve para estos propósitos si la incertidumbre concierne a dos o más divisiones de una división de orden superior, pero no si también concierne a dos o más divisiones del nivel superior; e incluso cuando puede ser reducida la incertidumbre de la correlación o de la datación por este procedimiento, eso no quiere decir que se logre una correlación más exacta o precisa porque al disminuir la incertidumbre aumentamos el grado de generalidad (cf. Harland, 1978; Holland, 1986).

## ESCALAS Y DIVISIONES DE TIEMPO GEOLÓGICO

El registro geológico y sus componentes pueden ser datados y calibrados, en la medida de los conocimientos disponibles, con una escala radiométrica, con una escala cronoestratigráfica y con una escala biocronológica. Pero en Geología es necesario disponer de una escala material geocronológica de uso internacional que sirva como referente para cualquier estrato, cuerpo rocoso, entidad registrada o entidad paleobiológica; dicha escala geocronológica es expresada numérica y nominalmente. Para ello se utilizan las dos escalas siguientes: una escala justificada con datos radiométricos y expresada numéricamente, que es la llamada escala cronométrica, y una escala justificada con datos estratigráficos y expresada nominalmente, que es la escala cronoestratigráfica, también llamada escala cronoestrática o escala holoeestratigráfica (cf. Harland, 1978; Walliser, 1986). La escala cronométrica, isotópica o numérica, antiguamente llamada escala absoluta, se obtiene teniendo en cuenta fenómenos irreversibles y cuantificables (como, por ejemplo, las tasas de descomposición radiactiva) y permite ordenar las diferentes rocas del registro geológico de acuerdo con su edad; a los ordenamientos relativos así realizados se les llama dataciones isotópicas. La escala cronoestratigráfica, cronoestrática u holoeestratigráfica permite ordenar los cuerpos rocosos del registro estratigráfico mediante otros criterios de edad relativa (por ejemplo, el orden de superposición de los estratos, el contenido fósil,...); y a los ordenamientos relativos así obtenidos se les llama dataciones cronoestratigráficas. Ahora bien, la edad relativa de las entidades registradas y/o de las correspondientes entidades paleobiológicas, averiguada teniendo en cuenta los resultados de la evolución biológica y de la evolución tafonómica,

también permite obtener una escala paleontológica de referencia temporal que es la escala biocronológica; a los ordenamientos realizados con dicha escala se les puede llamar dataciones biocronológicas. Otras escalas cronológicas han sido desarrolladas y justificadas a partir del registro estratigráfico; por ejemplo la escala bioestratigráfica o la escala magnetoestratigráfica; pero cualquier escala estratigráfica es susceptible de ser calibrada usando directa o indirectamente la escala radiométrica y/o la escala biocronológica. Por lo tanto, la Geocronología constituye un sistema conceptual en el que deben ser integrados los conocimientos cronoestratigráficos, biocronológicos y radiométricos (cf. fig. 3).

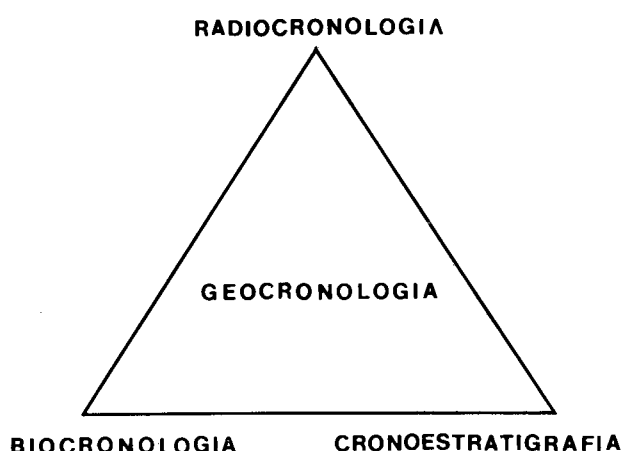


Figura 3. La Geocronología debe ser entendida como un sistema conceptual que integra los conocimientos cronoestratigráficos, biocronológicos y radiométricos.

En cuanto a la relación entre la Escala Cronoestratigráfica y la Escala Biocronológica es de destacar que cada división cronoestratigráfica debe estar basada en una unidad cronoestratigráfica y cada división biocronológica debería estar justificada por una unidad cronoregistrática. En consecuencia, cabe la posibilidad, sobre todo en materiales precámbricos, de que una división cronoestratigráfica carezca de equivalente en la escala biocronológica. Pero también puede ocurrir en materiales fanerozoicos que las unidades cronoestratigráficas sean menos numerosas que las unidades cronoregistráticas; en tal caso, las divisiones elementales o los grupos de divisiones elementales deberían ser transformables, al menos en cierto grado, de tal manera que cada división cronoestratigráfica tuviera su equivalente biocronológico. Para favorecer la transformación de valores entre la escala cronoestratigráfica y la escala biocronológica, las unidades y divisiones equivalentes deben tener también equivalencias a nivel lingüístico; dicha equivalencia puede lograrse dando a las divisiones o unidades el mismo calificativo o sustantivo en aposición pero distinto nombre. Por ejemplo, se puede hablar de la equivalencia entre los siguientes términos: Biozona Humphriesianum,

Biocronozona Humphriesianum, Cronozona Humphriesianum, Biocron Humphriesianum, Taxorregistro Humphriesianum, Cronorregistro Humphriesianum, Taxobiotema Humphriesianum y Cronobiotema Humphriesianum. Si dos o más (sub-)cronorregistros equivalen a una cronozona, entonces se puede realizar su distinción con un tercer sustantivo en aposición propio para cada (sub-)cronorregistro; así, por ejemplo, para una región particular se podría distinguir el Cronorregistro Humphriesianum-Blagdeni o el Subcronorregistro Blagdeni, aunque en dicha región no hubiera cuerpos rocosos de la Cronozona Humphriesianum. En general, es posible establecer nuevos cronorregistros que una vez agrupados sean equivalentes al menos en cierto grado a unidades cronoestratigráficas porque, cuando se trabaja con intervalos temporales o topológicos, el origen de la escala es convencional y es posible lograr su correspondencia con el comienzo de un proceso evolutivo concreto; es decir, puede hacerse corresponder el origen de la escala con el comienzo de un cronorregistro previamente establecido. A este respecto también destacaremos que el incremento en el número de unidades elementales de un sistema de clasificación cronoregistrática no se consigue por simple división de las unidades previamente conocidas; y afirmar lo contrario implica confundir análisis con división. Las unidades que justifican cualquier escala temporal han de ser establecidas mediante identificación, discriminación y ordenación de sus elementos constituyentes; pero mediante clasificaciones dicotómicas, establecidas por distinción tautológica de dos clases de elementos, no se pueden obtener escalas ordinales o topológicas, ni escalas de tiempo.

## BIOCRONOLOGÍA Y GEOCRONOLOGÍA

Las unidades geocronológicas son divisiones de tiempo actualmente distinguidas sobre las bases del registro estratigráfico como está expresado por las unidades cronoestratigráficas. Una unidad geocronológica corresponde al intervalo temporal de una unidad cronoestratigráfica. Para muchos autores, una unidad cronoestratigráfica establecida con criterios paleontológicos, y concretamente una biocronozona, comprende el conjunto de cuerpos rocosos formados durante el intervalo temporal de existencia de un taxón y, por este motivo, defienden que las unidades geocronológicas así justificadas son unidades de tiempo independientes de las unidades cronoestratigráficas. Sin embargo, las unidades cronoestratigráficas entendidas como conjuntos de capas o estratos de cualquier parte del mundo formados durante el tiempo de existencia de un(os) taxón(es) específico(s) son unidades incognoscibles, aunque sean unidades significativas; los cuerpos rocosos de una cronozona identificable con criterios paleontológicos sólo son una parte de los materiales correspondientes a dicha cronozona. Y si el criterio de demarcación temporal de cualquier unidad cronoestratigráfica es el tiempo de memorización de una información

paleobiológica concreta, o el tiempo correspondiente a una unidad bioestratigráfica, o el tiempo representado por unos cuerpos rocosos situados entre dos puntos convencionales tomados como referencia estratigráfica, entonces las unidades cronoestratigráficas seguirán siendo incognoscibles con criterios paleontológicos, pero además dichos intervalos temporales estarán en la relación de parte o no coincidirán con los correspondientes intervalos biocronológicos. La solución al problema es que las llamadas biocronozonas sean entendidas como cronozonas identificadas con criterios biocronológicos; es decir, que sean entendidas como cuerpos rocosos formados durante un intervalo temporal de la misma clase que el intervalo temporal correspondiente a otros cuerpos rocosos en la localidad tipo de la cronozona. Ahora bien, aunque las biocronozonas así entendidas pueden ser útiles para algunas correlaciones estratigráficas concretas, no se puede pretender justificar con ellas una escala material de referencia temporal paleontológica porque son ellas las justificadas con una escala biocronológica previamente establecida. Las unidades cronoestratigráficas establecidas o no con criterios exclusivamente paleontológicos pueden servir para construir una escala continua de la Historia de la Tierra, pero las unidades cronoestratigráficas establecidas con criterios paleontológicos no son unidades biocronológicas; por consiguiente, dichas unidades cronoestratigráficas permitirán obtener divisiones materiales (biocronozonas) y divisiones conceptuales (biocronos), pero no justifican la existencia de unidades geocronológicas. En un trabajo previo (Fernández López, 1986c) ya hemos argumentado que los conceptos referentes a las llamadas unidades geocronológicas, que corresponden a divisiones de tiempo geológico, pueden ser considerados con correlato real si son utilizados para denotar entidades reales que son espacio-temporales. Después de los comentarios hechos en el presente trabajo, podemos precisar que las unidades geocronológicas pueden ser consideradas con correlato real si son entendidas como unidades cronobiotémicas, lo cual no impide que puedan representar divisiones de tiempo equivalentes a los intervalos temporales de las unidades cronoestratigráficas.

Muchos geólogos han denunciado que es erróneo, tanto desde el punto de vista lógico como desde el punto de vista metodológico, pretender establecer unidades cronoestratigráficas haciendo referencia a unos intervalos de tiempo durante los cuales se han formado los correspondientes cuerpos rocosos, cuando de hecho los intervalos temporales son inferidos a partir de dichos cuerpos rocosos (cf. Watson, 1983). Ahora bien, también se puede cometer un error análogo en el campo de la Paleontología aplicada si se pretende establecer unidades bioestratigráficas por referencia a unos intervalos temporales durante los cuales existieron unas entidades paleobiológicas, cuando en realidad los intervalos temporales son inferidos a partir de los correspondientes cuerpos rocosos fosilíferos. En cualquiera de estos dos casos, sean unidades cronoestratigráficas o unidades bioestratigráficas, desde el punto de vista lógi-

co podemos distinguir entre los cuerpos rocosos que constituyen una unidad y la duración del proceso por el cual han sido formados; pero, desde el punto de vista metodológico, no se puede aceptar que hayan sido establecidas unidades estratigráficas y unidades cronológicas independientes porque la lógica no autoriza a suponer que las cosas y sus propiedades tienen existencia independiente. La Paleontología puede lograr que las unidades geocronológicas y las unidades bioestratigráficas o cronoestratigráficas tengan correlato real distinto, si dispone de un sistema de clasificación biocronológica que sea paralelo al sistema bioestratigráfico pero que no haya sido lógicamente disociado a partir de él. Para desarrollar este sistema de clasificación biocronológica se requiere aceptar una serie de principios derivados de la Tafonomía evolutiva, que son incompatibles con algunos presupuestos frecuentemente utilizados en las investigaciones bioestratigráficas; a este respecto destacaremos las observaciones siguientes:

1) Los fósiles taxonómicamente significativos no son taxones fósiles. Incluso a nivel específico, las entidades biológicas del pasado (sean organismos o poblaciones) y las entidades registradas (sean elementos registrados o poblaciones tafónicas) son entidades de distinta naturaleza.

2) El registro fósil y el registro estratigráfico también son de distinta naturaleza. Ambos son disociables del registro geológico, y los componentes de cada uno de estos dos registros son independientes entre sí. Los fósiles pueden ser considerados como cosas o como propiedades de los cuerpos rocosos del registro estratigráfico, pero en este segundo caso no serían cosas del registro estratigráfico. Los componentes del registro estratigráfico son cuerpos rocosos a los que podemos atribuir relaciones de superposición. Los componentes del registro fósil son entidades registradas, que guardan entre sí relaciones topológicas, pero no la relación de superposición estratigráfica. En muchos casos la relación de superposición puede ser considerada como un caso particular de relación topológica, pero la afirmación inversa (es decir, que la relación topológica puede ser considerada como un caso particular de relación de superposición) nunca es cierta.

3) La Escala Biocronológica (regional o estándar) no es una abstracción de, ni es derivada a partir de, la Escala Cronoestratigráfica o la Escala Bioestratigráfica. Las escalas biocronológicas y las escalas estratigráficas (sean bioestratigráficas o cronoestratigráficas) son obtenidas a partir de clasificaciones diferentes. Los datos biocronológicos pueden ser aplicados para establecer y calibrar clasificaciones y escalas estratigráficas (cronoestratigráficas o bioestratigráficas). En algunos casos podemos decir que una escala estratigráfica está basada en, o deriva de, una escala biocronológica; pero la afirmación inversa no es cierta. Las entidades registradas y las entidades paleobiológicas son entidades reales espacio-temporales. Las relaciones topológicas entre entida-

des registradas están basadas en las relaciones causales que hemos llamado tiempos de producción y de fosilización. Por tanto, las relaciones espaciales y temporales entre entidades paleobiológicas pueden ser inferidas a partir de las relaciones topológicas entre sus correspondientes entidades registradas. Y las relaciones espacio-temporales así inferidas pueden ser expresadas mediante clasificaciones ordinales de las entidades registradas y/o de las correspondientes entidades paleobiológicas; finalmente, dichas clasificaciones ordinales o topológicas permiten obtener escalas de tiempo geológico que no están basadas en las relaciones espacio-temporales entre cuerpos rocosos del registro estratigráfico, sino en las relaciones topológicas entre entidades registradas.

4) Los componentes de las unidades elementales de clasificación biocronológica no son especies, capas, estratos o zonas, sino elementos registrados o los organismos correspondientes; dichos componentes son taxonómicamente significativos pero no son taxones y, por ello, las unidades elementales de clasificación biocronológica tienen correlato real. Para evidenciar o inferir una nueva unidad biocronológica se requiere de al menos un elemento registrado taxonómicamente distintivo de otros conocidos a nivel específico, pero no es necesario disponer de un cuerpo rocoso estratigráficamente distintivo. La menor división de la escala biocronológica que puede ser justificada a partir de unidades cronobiotémicas y cronoregistráticas es el intervalo temporal correspondiente a la duración de una especie biológica del pasado inferible a partir del registro fósil. Las relaciones entre entidades paleobiológicas pueden ser inferidas y elucidadas en un marco espacio-temporal antes de que los correspondientes cuerpos rocosos fosilíferos sean atribuidos a una unidad bioestratigráfica o cronoestratigráfica.

5) El registro estratigráfico no es el único registro del paso del tiempo geológico. El tiempo geológico puede ser significativo en términos de unidades estratigráficas y/o de unidades biocronológicas. Es cierto que la cronoestratigrafía es el sistema conceptual más adecuado, de los disponibles en la actualidad, para materializar la escala geocronológica más completa y válida. Ahora bien, las rocas no son necesariamente la última referencia objetiva para el estudio de los fenómenos naturales de la Historia Geológica o para evidenciar su edad. Tanto el registro fósil como el registro estratigráfico son discontinuos; y el problema a resolver no es averiguar cuál de los dos es menos discontinuo para utilizarlo como el referente material de la escala geocronológica, sino obtener a partir de ellos sendos sistemas de clasificación que justifiquen una escala sintética más adecuada. La Cronoestratigrafía debe desarrollar la escala cronoestratigráfica y la Biocronología debe desarrollar la escala cronoregistrática; ambas serán escalas ordinales con valores expresados nominalmente, a diferencia de la escala cronométrica en la cual pueden ser expresados valores numéricos. Por razones metodológicas y nomenclatoriales probablemente es recomendable elegir una y sólo una Escala

Geocronológica de referencia temporal, que pueda ser expresada en valores cronométricos y en valores cronoestráticos; ahora bien, esta escala es susceptible de calibración biocronológica. Además, teniendo en cuenta que la Escala Cronoestratigráfica ha sido justificada con criterios bioestratigráficos, que a su vez son una aplicación de los datos biocronológicos, no parece recomendable que la escala de referencia temporal utilizada en las nuevas investigaciones paleontológicas sea la Escala Cronoestratigráfica. Para clasificar, correlacionar y/o datar los fósiles de una región particular la Cronoestratigrafía puede ser no sólo insuficiente o inadecuada, sino también inaplicable.

6) El único medio disponible para justificar que las unidades geocronológicas son independientes de las unidades estratigráficas es considerar que las unidades cronobiotémicas son el correlato real de las divisiones geocronológicas. En cualquier caso, las unidades cronoestratigráficas son tan necesarias desde el punto de vista geocronológico como las unidades cronoregistráticas. La Biocronología es útil tanto para la Geocronología como para la Estratigrafía y, por ser independiente de esta última, también es importante para la Geología Histórica.

## CONCLUSIONES

El método y las ideas presentadas en este trabajo no son rivales, incompatibles o contradictorias con las de la Bioestratigrafía o las de la Cronoestratigrafía, sino que por el contrario pueden ser una nueva base para ampliar su fundamentación.

Tanto las clasificaciones registráticas como las clasificaciones paleobiotémicas son clasificaciones biocronológicas cuyo objetivo puede ser básico y/o aplicado. Si el objetivo de una clasificación biocronológica es básico, dicha clasificación servirá para expresar relaciones entre entidades registradas y/o entre entidades paleobiológicas que son de interés paleontológico; en tanto que si el objetivo es aplicado dicha clasificación sólo será útil para algún(os) campo(s) científico(s) no-paleontológico(s). En cualquier caso, la escala biocronológica puede servir para calibrar la escala cronoestratigráfica, incluso cuando dicha escala estratigráfica sólo está justificada con criterios bioestratigráficos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bunge, M. 1980. *Epistemología*. Ariel, Barcelona, 1-275.
- Davaud, E. 1982. The Automation of Biochronological Correlation. In: *Quantitative Stratigraphic Correlation* (Eds. J.M. Cubitt & R.A. Reymont). John Wiley & Sons, London, 85-99.
- Davaud, E. & Guex, J. 1978. Traitement analytique "manuel" et algorithmique de problèmes complexes de corrélations biochronologiques. *Eclogae geologicae Helvetiae*, **71**, 581-610.
- Fernández López, S. 1986a. La Tafonomía: un subsistema conceptual de la Paleontología. *Coloquios de Paleontología* (ñ litt.).
- Fernández López, S. 1986b. Sucesiones paleobiológicas y sucesiones registráticas (nuevos conceptos paleontológicos). *Revista Española de Paleontología*, **1**, 29-45.
- Fernández López, S. 1986c. Diversidad nomenclatorial y unicidad conceptual de las llamadas zonas oppelianas. *Memorias I Jornadas de Paleontología*, Zaragoza, 97-106.
- Fortey, R.A. 1985. Gradualism and punctuated equilibria as competing and complementary theories. *Special Papers in Palaeontology*, **33**, 17-28.
- Guex, J. 1979. Terminologie et méthodes de la biostratigraphie moderne: commentaires critiques et propositions. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, **74**, 169-216.
- Harland, W.B. 1978. Geochronologic Scales. In: *Contributions to The Geologic Time Scale* (Eds. G. V. Cohee; M.F. Glaessner & H.D. Hedberg). Amer. Ass. Petr. Geol., Tulsa, 9-32.
- Harper, C.W. 1980. Relative age inference in paleontology. *Lethaia*, **13**, 239-248.
- Harrington, H.J. 1965. Space, things, time and events - an essay on Stratigraphy. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist*, **49**, 1601-1646.
- Hayami, I & Ozawa, T. 1975. Evolutionary models of lineage-zones. *Lethaia*, **8**, 1-11.
- Hedberg, H.D. 1976. *International Stratigraphic Guide*. John Wiley & Sons, New York, 1-200.
- Holland, C.H. 1986. Does the golden spike still glitter? *Journal of the Geological Society*, **143**, 3-21.
- Holland, C.H.; Audley-Charles, M.G.; Bassett, M.G.; Cowie, J.W.; Curry, D.; Fitch, F.J.; Hancock, J.M.; House, M.R.; Ingham, J.K.; Kent, P.E.; Morton, N.; Ramsbottom, W.H.C.; Rawson, P.F.; Smith, D.B.; Stubblefield, C.J.; Torrens, H.S.; Peigi Wallace & Woodland, A.W. 1978. A guide to stratigraphical procedure. *Geological Society of London*, Spec. Rep., **10**, 1-18.
- Huxley, T.H. 1862. The anniversary address. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **18**, XL-LIV.
- Kitts, D.B. 1974. Physical theory and geological knowledge. *The Journal of Geology*, **82**, 1-23.
- Newell, N.D. 1959. Adequacy of the fossil record. *Journal of Paleontology*, **33**, 488-499.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983. North American Stratigraphic Code. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, **67**, 841-875.
- Paul, C.R.C. 1982. The Adequacy of the Fossil Record. In: *Problems of Phylogenetic Reconstruction* (Eds. K. A. Joysey & A.E. Friday). Academic Press, London, 75-117.
- Scott, G.H. 1985. Homotaxy and biostratigraphical theory. *Palaeontology*, **28**, 777-782.
- Scott, G.H. 1965. Homotaxial stratigraphy. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, **8**, 859-862.
- Shaw, A.B. 1964. *Time in stratigraphy*. McGraw-Hill, New York, 1-365.
- Speyer, S.E. & Brett, C.E. 1986. Trilobite Taphonomy and Middle Devonian Taphofacies. *Palaios*, **1**, 312-327.
- Tintant, H. 1984. Cent ans après Darwin, continuité ou discontinuité dans l'Evolution. *Colloques internationaux du C.N.R.S.*, **330**, 25-37.
- Walliser, O.H. 1986. The I.G.C.P. Projet 216 "Global Biological Events in Earth History". *Lecture Notes in Earth Sciences*, **8**, 1-4.
- Watson, R.A. 1983. A critique chronostratigraphy. *American Journal of Science*, **283**, 173-177.

Manuscrito recibido: 6 de abril, 1987  
 Manuscrito aceptado: 22 de junio, 1987